DIE NATURWISSENSCHAFTEN

17. Jahrgang | 18. Januar 1929 | Heft 3

Über einige Fiktionen in der physiologischen Optik.

Von WILHELM TRENDELENBURG, Berlin.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität.)

Unter den Sinnesorganen ist es vor allem das Auge, durch welches wir in den mannigfaltigsten Beziehungen zur Außenwelt stehen, diese erkennen, uns ein Bild von ihr machen. So ist es verständlich, daß wir im Gebiet der physiologischen Optik in besonders nahe Berührung mit der Erkenntnistheorie kommen.

Die neuere Zeit brachte VAIHINGERS bedeutsame Lehre von den Fiktionen[1]. Das ganze wissenschaftliche Denken ist hiernach von Fiktionen durchsetzt, welche eine unentbehrliche Methode des Erkennens darstellen. So erscheint es besonders reizvoll, den Fiktionen in der physiologischen Optik nachzugehen, um so mehr, als dies Gebiet von VAIHINGER in seinem Grundwerk nur kurz gestreift wird.

Bei dem engen Zusammenhang der physiologischen Optik mit der geometrischen Optik der Physik ist es unerläßlich, kurz von einigen Fiktionen der geometrischen Optik auszugehen. Begrifflich sei zunächst daran erinnert, daß Fiktionen Denkgebilde sind, durch die etwas Unwirkliches als Wirkliches gesetzt wird; die weiteren Überlegungen werden so angestellt, als ob das nur Vorgestellte wirklich wäre.

In der *geometrischen Optik* begegnen wir den Fiktionen sogleich bei Eintritt in dieses Gebiet. Der „Lichtstrahl", der allem geometrisch-optischen Überlegen und Zeichnen zugrunde gelegt wird, ist eine Fiktion. Das ergibt sich schon daraus, daß er als Senkrechte auf einer Wellenfläche definiert wird. Er ist also nur eine Hilfsvorstellung. Eine andere Fiktion verwendet man bei der Berechnung der Strahlenbrechung an einer Kugelfläche, unter Zugrundelegen der Brechung an einer ebenen Fläche. Es wird die Stelle der Kugelfläche, an welcher der Strahl auftrifft, als sehr kleines ebenes Flächenelement aufgefaßt. Auf diesem Wege wird die Formel für das einfache optische System gefunden, welche auch für die physiologische Optik besondere Bedeutung hat. Bei der Berechnung der zusammengesetzten optischen Systeme ergibt sich die Hilfskonstruktion der Hauptebenen, welche die Ermittelung der Bildlage und Bildgröße in sehr einfacher Weise ermöglichen. Anstatt daß man den unübersehbaren tatsächlichen Strahlengang verfolgt, kann man für bestimmte Aufgaben, die für das zusammengesetzte optische System zu lösen sind, die auffallenden Strahlen weiter so zeichnen, als ob sie ungebrochen zur ersten oder zweiten Hauptebene gingen und dann in einer näher festgelegten Weise weiterliefen. Hierbei bleibt nur der Strahlengang im ersten und letzten Medium der tatsächliche, alles andere ist Hilfskonstruktion, ist Fiktion. Wenn wir nur die Lage und Größe des endgültigen Bildes mit Hilfe der Hauptebenen zeichnen wollen, bewegen wir uns in den Gültigkeitsgrenzen der Fiktion und kommen trotz Abweichung von der Wirklichkeit zu praktisch richtigem Ergebnis.

Eine weitere unentbehrliche Fiktion, die auch in der physiologischen Optik eine große Rolle spielt, ist die des virtuellen Bildes. Wir verstehen unter Bild eine Strahlenvereinigung. Liegt eine tatsächliche Lichtvereinigung vor (konvergente Strahlen), so ist das Bild reell. Besteht die Strahlenvereinigung nur in der gedachten Rückwärtsverlängerung divergenter Strahlen, so reden wir von einem virtuellen Bild. In vieler Hinsicht können virtuelle Bilder, also gedachte Strahlenvereinigungen, so behandelt werden, als ob sie reell, also tatsächliche Strahlenvereinigungen wären. Es handelt sich wieder um eine Fiktion, eine vereinfachende anschauliche Vorstellung, mit deren Anwendung wir keinen Fehler machen, wenn wir uns nur im gegebenen Anwendungsbereich der Fiktion bewegen.

Nach diesen Vorbemerkungen, in welchen wir Bekanntes in der Ausdrucksweise der Fiktionenlehre dargestellt haben, gehen wir zu den Fiktionen der *physiologischen Optik* über. Diese sind zum Teil nur sinngemäße Anwendungen der Fiktionen der geometrischen Optik, welche ja in innigstem Zusammenhang mit der Dioptrik des Auges steht. Andere Fiktionen der Lehre vom Gesichtssinn betreffen das Gebiet der Gesichtsempfindungen und stehen daher in keinem näheren Zusammenhang mit der geometrischen Optik. Bei der Lehre von der Raumwahrnehmung hingegen, bei welcher geometrische Vorstellungen eine große Rolle spielen, weil Gesichtslinien, Blicklinien, Richtungslinien eben als Linien geometrisch darstellbar sind und weil die durch Strahlenvereinigung zustande kommenden Netzhautbilder die Grundlage der Raumwahrnehmung sind, gelangen wir wieder zu geometrischen Hilfsvorstellungen. Ferner kommen in diesem Gebiet besondere physiologisch-optische Fiktionen hinzu.

Als ersten Abschnitt der physiologischen Optik pflegt man nach HELMHOLTZ die *Dioptrik*, die Lehre vom Strahlengang im Auge, zu bezeichnen. Das Auge ist ein zusammengesetztes optisches System. Es sind infolgedessen die erwähnten Ableitungen der Hauptebenen anwendbar. Es ergibt sich dabei für die Auffindung des Strahlenganges im letzten

[1] VAIHINGER, H. Die Philosophie des Als Ob. 9. und 10. Auflage. F. Meiner, Leipzig 1927.

Medium (Glaskörper) bei gegebenem Strahlengang im ersten Medium (Luft) sogleich eine weitere Vereinfachung dadurch, daß im Auge die beiden errechneten Hauptebenen einen so kleinen Abstand voneinander haben, daß man an ihrer Stelle ohne wesentlichen Fehler eine einzige Hauptebene setzen kann. Das bedeutet aber, daß nun ein einfaches optisches System vorliegt, welches als Ersatz des tatsächlichen Auges gedacht oder gezeichnet werden kann, wenn es sich darum handelt, Ort und Größe des Netzhautbildes eines nach Größe und Lage gegebenen Gegenstandes zu finden. Dieses „reduzierte Auge" ist eine Fiktion. Der Strahlengang zur Netzhaut hin ist so, als ob an Stelle des tatsächlichen Auges ein bestimmtes einfaches optisches System läge.

Noch eine weitere Fiktion ist nötig, um die erwähnte Berechnung ausführen zu können. Die Augenlinse ist geschichtet gebaut und sie hat keinen einheitlichen Brechungsexponenten. Deshalb führt man eine Hilfsvorstellung ein. Man denkt sich an Stelle der Linse im Auge eine sehr dünnwandige Glaskapsel von genau der Form der Linse. In diese Hohllinse denkt man sich eine Flüssigkeit eingefüllt, deren Brechungsexponent so groß ist, daß die Gesamtbrechkraft dieser fiktiven Linse die gleiche ist, wie die der tatsächlichen Linse. Diesen gedachten Brechungsexponenten nennt man Totalindex der Linse (HELMHOLTZ). Sein experimentell bestimmbarer Wert wird der weitern Rechnung zugrunde gelegt. Auch mit dieser Fiktion begehen wir wieder keinen Fehler, wenn wir im Anwendungsbereich der Fiktion bleiben.

Wenden wir uns nun einigen Fiktionen der Lehre vom *Farbensinn* zu. Es sei zunächst ganz allgemein daran erinnert, daß nach VAIHINGER oft eine Verwechselung von Fiktion und Hypothese auftritt. Fiktion ist die bloß gedankliche Setzung von etwas nicht Tatsächlichem. Hypothese ist die Annahme eines nicht direkt aufweisbaren, aber für tatsächlich genommenen Zusammenhangs. Hieraus folgt, daß bei jeder Hypothese gefragt werden muß, ob die Setzung als eine Tatsachenannahme oder nur als Fiktion zulässig ist. Diese Frage liegt besonders dann nahe, wenn es sich um strittige Hypothesen handelt. Das trifft bekanntlich für die Hypothesen des Farbensinns zu, von denen hier die HELMHOLTZsche und die HERINGsche Auffassung in den Vordergrund gestellt seien. Fingieren wir einmal, daß diese Hypothesen nur Fiktionen seien. Fiktionen gelten wie alle Analogien immer nur für einen Teil der vorliegenden Tatsachen und Zusammenhänge. Wir könnten die beiden sich in vielem widersprechenden Theorien als Fiktionen gedeutet so ausdrücken: Die Erscheinungen des Farbensehens liegen — wenn wir im wesentlichen nur *die* Zusammenhänge berücksichtigen, welche sich ergeben, wenn wir von den Beziehungen der äußeren Reize zu den von ihnen veranlaßten Empfindungen ausgehen — so, als ob der farbenperzipierende „Apparat" nach der HELMHOLTZschen Dreikomponentenvorstellung gebaut wäre. Diese Vorstellung hat ihre Berechtigung erwiesen, sie hat durch ihren heuristischen Wert reichen Ertrag gebracht und sie ermöglicht uns, ein verwickeltes Tatsachenmaterial stets in anschaulicher Weise zu übersehen, ja, sie ermöglicht, aus der Fiktion selbst das Tatsachenmaterial uns stets wieder in Erinnerung zurückzurufen. Die Fiktion ist leichter behaltbar, weil anschaulicher, als der zusammenhanglos erscheinende Tatbestand. Die HERINGsche Theorie, als Fiktion gedeutet, würde lauten: Wenn wir, im Gegensatz zum vorigen, mehr von den inneren Verwandtschaftsbeziehungen der Farbenempfindungen untereinander ausgehen, so ist der Sachverhalt so, als ob der Wahrnehmungsapparat nach der HERINGschen Sehsubstanzvorstellung gebaut wäre. Im übrigen würde auch hier wieder die Bemerkung gelten, daß der Wert der Fiktion heuristisch ist, daß er in der Anschaulichkeit liegt und in der Möglichkeit, die Tatsachen jederzeit rückwärts aus der Fiktion herzuleiten. Beide Fiktionen könnten, obwohl sie Bestandteile enthalten, die einander ausschließen, nebeneinander bestehen, da sie beide für einen teilweise besonderen Tatsachenbereich gelten. Wir würden uns einer Annahme über den tatsächlichen Bau des Wahrnehmungsapparates vorläufig enthalten und den Standpunkt einnehmen, daß die wissenschaftliche Erkenntnis für die Aufstellung einer umfassenden und daher restlos befriedigenden Hypothese noch nicht genügend vorgeschritten ist. Ich meine nun nicht, daß wirklich zureichende Gründe vorliegen, die beiden Vorstellungsweisen nicht als Hypothesen, sondern nur als Fiktionen gelten zu lassen. Es sei besonders noch darauf hingewiesen, daß v. KRIES[1] den aussichtsreichen Versuch gemacht hat, durch eine weitere Hypothese, die Zonentheorie, die genannten Vorstellungsweisen miteinander zu verbinden, wodurch die Mängel der bisherigen Hypothesen weggeräumt würden.

Eine weitere Fiktion von vorwiegend didaktischem Wert gehört ebenfalls dem Gesichtssinn an. Ich habe sie vor einer Reihe von Jahren bei Gelegenheit einer zusammenfassenden Darstellung angewendet[2]. Es wurde dort darauf hingewiesen, daß man die „Farbenblinden" (Dichromaten) besser als „Strahlungsverwechsler" bezeichnet. Sie stehen dem Farbennormalen gegenüber. Aber auch dieser ist „Strahlungsverwechsler". Nur ist bei letzterem der Bereich der Strahlungsverwechselung ein viel geringerer, als bei ersterem. Man kann sich nun den Sachverhalt verdeutlichen, wenn man sich einen farbenperzipierenden Apparat fingiert, welcher einen noch kleineren Bereich von Strahlungsverwechselungen hat, als der normale Apparat.

[1] v. KRIES, J., Handbuch der Physiologie (NAGEL) 3 (1), 1904, 269.

[2] Lehrbuch der Physiologie. Hrsg. v. W. TRENDELENBURG und A. LOEWY. 4. Aufl. 1924. S. 500/501. Diese kurze Darstellung der physiologischen Optik wird in den nachfolgenden Anmerkungen unter „Lehrbuch" zitiert.

Das würde ein Apparat sein, bei dem nicht nur die hypothetischen drei, sondern vier Komponenten oder Substanzen vorhanden wären. Entsprechend spielt ja andererseits die Vorstellung einer Verminderung der Komponentenzahl bei der Erklärung der „Farbenblindheit" eine große Rolle. So wie der dichromatische Farbensinn eine Reduktionsform des normalen ist, so wäre der fiktive übernormale Farbensinn eine Komplizierungsform des normalen.

Diese Fiktion läßt sich nun weiter ausgestalten und nutzbringend verwerten, wenn man sich die inneren Zusammenhänge der Bauart der optischen und der akustischen Sinneseinrichtungen klar machen will. Dem Gehörsinn kommt bekanntlich, zum Unterschied gegen den Gesichtssinn, eine sehr geringe „Strahlenverwechslung", also akustisch ausgedrückt, ein großes Tonunterscheidungsvermögen zu. Dies liegt daran, daß — nach der HELMHOLTZschen Vorstellung — der Sinnesapparat aus einer sehr großen Anzahl von „Komponenten" zusammengesetzt ist, deren jede mit einer der Komponenten des optischen Sinnesapparates verglichen werden kann. Diese akustischen Komponenten werden als Resonatoren bezeichnet. Man spricht nun auch von optischer Resonanz, und so können wir zwanglos die optischen Komponenten ebenfalls als Resonatoren bezeichnen. Es liegt bei beiden Arten von Resonatoren noch ein Unterschied in der Größe des Mitschwingungsbereichs jedes Einzelresonators vor. Dieser ist bei jedem der drei optischen Resonatoren sehr breit, bei jedem der sehr zahlreichen akustischen Resonatoren sehr eng. Wir können uns jetzt ein System sehr zahlreicher optischer Resonatoren für das farbenperzipierende System fingieren (in Fortsetzung der Fiktion von vier Komponenten, von der wir eben sprachen), und können dazu annehmen, daß der optische Resonanzbereich für jede dieser optischen Einzelkomponenten stark eingegrenzt wäre. Dann würde ein Apparat vorliegen, welcher vergleichsweise dieselben Leistungen für Farbenunterscheidungen aufweisen würde, wie sie das Gehör für Töne tatsächlich zeigt. Umgekehrt können wir uns durch Fiktion das Gehör auf die Leistung des Gesichtssinns reduziert denken, wenn wir die Anzahl der Resonatoren verkleinert und den Resonanzbereich jedes Resonators vergrößert fingieren.

Im Gebiet der *Raumwahrnehmung* liegen sehr interessante Verhältnisse vor, weil hier, wie schon kurz angedeutet, geometrisch-optische Momente mit physiologisch-psychologischen Momenten zusammentreffen. Es wird am besten sein, die Betrachtung für einäugiges und für beidäugiges Sehen getrennt vorzunehmen.

Wenn wir nach der Grundlage unserer optischen Wahrnehmungen suchen, so finden wir sie in der Verteilung der Erregungszustände auf der Netzhaut, also in den Netzhautbildern, wie man sich meist ausdrückt. Die Gegenstände selbst sind für die Raumwahrnehmung nur insofern maßgebend, als sie die Gestaltung des Netzhautbildes bestimmen. Die Art, wie die Netzhautbilder zustande kommen, spielt beim Wahrnehmungsakt keine Rolle. Die entstehende Wahrnehmung widerspricht daher schon bei einäugigem Sehen sehr häufig unserer höheren intellektuellen Einsicht oder den Angaben anderer Sinne. Das zeigt z. B. der SCHEINERsche Versuch, bei welchem durch einen technischen Kunstgriff erreicht wird, daß ein Objektpunkt sich auf der Netzhaut zweimal abbildet. Dabei nehmen wir zwei Punkte wahr, obwohl wir wissen und auch fühlen, daß nur einer da ist.

Diesen Sachverhalt kann man in eine anschauliche Fiktion einkleiden, welche die Übersicht über eine Fülle von Erscheinungen sehr erleichtert. Wir stellen aus den gesamten psychischen Funktionen einen Teil als optischen Wahrnehmungsapparat heraus, welcher allein für die Wahrnehmung bestimmend ist. Er kennt lediglich die Netzhautbilder, nicht die Art ihres Zustandekommens. Er ist vom Intellekt, den wir ihm als besondere psychische Persönlichkeit gegenüberstellen können, weitgehend unbeeinflußbar. Verschiebungen des Netzhautbildes werden als Verschiebungen des Gegenstandes gedeutet. Diese können ersteren tatsächlich zugrundeliegen. Es treten aber Täuschungen auf, wenn die Bildverschiebungen nicht durch Gegenstandsverschiebungen zustande kommen, sondern in anderer Weise, z. B. durch passive Augenbewegungen, durch Bewegung von Linsen vor dem Auge. Weder die Art und Weise, wie das Netzhautbild zustande kommt, noch wie es verlagert wird, wird vom Wahrnehmungsapparat bei der Bildung der Wahrnehmung berücksichtigt (von bestimmten Ausnahmen abgesehen, auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht).

Mit der Tatsache, daß die optische Wahrnehmung unabhängig davon ist, wie die Netzhautbilder zustande kommen, hängt auch zusammen, daß wir in der Dioptrik und bei der Spiegelwirkung ein virtuelles Bild als reelles nehmen können. Wenn Strahlen divergent auf das Auge fallen und ein Netzhautbild entwerfen, so können sie von einem tatsächlichen nahen Objektpunkt kommen, oder sie können, ursprünglich parallel, durch ein Zerstreuungsglas divergent gemacht sein. Das vermag der optische Wahrnehmungsapparat nicht zu unterscheiden. Für den Wahrnehmungsakt kann infolgedessen der virtuelle Brennpunkt der Zerstreuungslinse als Ausgangspunkt der Strahlen fingiert werden. Ähnlich beim Spiegel. Die Netzhautbilder sind so, als ob der sich spiegelnde Gegenstand hinter dem Spiegel, dort, wo sein „virtuelles Bild" liegt, nochmals vorhanden wäre. Für den Wahrnehmungsakt kann also dies virtuelle Bild als reell gesetzt werden.

Beim zweiäugigen Sehen liegen weitere Verwicklungen vor. Hier kommt es bei Betrachtung *eines* Punktes auch ohne technische Kunstgriffe zur Wahrnehmung bald nur eines, bald zweier Punkte (binokulares Einfach- und Doppeltsehen). Ferner

zeigt die einfache Beobachtung, daß wir die Wahrnehmungen der Objektpunkte in ihrer Richtung nicht auf das rechte oder das linke Auge für sich beziehen, sondern etwa auf die Mitte zwischen beiden Augen. Hier liegt also der Beziehungspunkt der wahrgenommenen Richtung. Hieraus ergibt sich die Fiktion des Zyklopenauges[1] (HERING, HELMHOLTZ)[2], also eines einzigen an der Nasenwurzel liegenden Auges. Die Richtung unserer Wahrnehmungen bei beidäugigem Sehen ist so, als ob wir nur ein einziges median gelegenes Auge hätten. Nur auf dieses beziehen wir unsere Wahrnehmungen. Dieses fiktive Mittelauge ist nun aber nicht etwa ein Einzelauge, es ist vielmehr eine Ineinanderschachtelung der beiden tatsächlichen Augen, die so vorgenommen wird, daß die einander entsprechenden Netzhautpunkte zur Deckung kommen. Das Mittelauge ist also ein Doppelauge. In der Sprache unserer Fiktion können wir nun sagen: Der optische Wahrnehmungsapparat legt die auf den beiden tatsächlichen Netzhäuten entworfenen Bilder in der Doppelnetzhaut des Mittelauges zusammen. Er berücksichtigt bei dem Aufbau der Wahrnehmung nur dieses Mittelauge mit seinen Bildpunkten. Von den Netzhautbildpunkten des Mittelauges zieht er Richtungslinien durch den Knotenpunkt nach außen. Diese bestimmen die Richtung der Wahrnehmung. An einer die Fiktion wiedergebenden Zeichnung[3] können wir nun vieles ableiten, was sonst schwer übersehbar ist, so die Lage der Doppelbilder und die Bedingungen dafür, daß die Doppelbilder gekreuzt oder ungekreuzt sind. Aber nicht nur im Gebiet des normalen Sehens findet man sich mittels dieser Hilfsvorstellung leicht zurecht, sondern auch bei Störungen des Sehaktes, z. B. bei Augenmuskellähmungen. Hier kommt zum normalen Doppeltsehen das pathologische hinzu, so daß schwere Wahrnehmungsfehler auftreten. Die Wahrnehmungsgesetze bleiben eben unverändert, passen sich nicht den abnormen Bedingungen an. Der Wahrnehmungsapparat urteilt wieder nur auf Grund der Netzhautbilder des Mittelauges, ohne Rücksicht auf die Art ihres Zustandekommens.

So sehen wir, daß die Fiktion einen bedeutenden Ordnungswert besitzt.

Weitere Probleme der optischen Wahrnehmung, in welchen wir uns ohne fiktive Hilfsvorstellungen nur schwerlich zurechtfinden würden, liegen bei der Stereoskopie sowie bei der Benutzung gewisser binokularer Instrumente vor.

Unter Stereoskopie versteht man Raumsehen bei Anblick flächenhafter Abbilder von Gegenständen. Wiederum sind für den Wahrnehmungsapparat nur die Netzhautbilder maßgebend, hier im besonderen ihre Parallaxe, nicht aber die Art ihres Zustandekommens. Die stereoskopische Raumwahrnehmung wird als Raumeindruck bezeichnet. Von ihm ist das fiktive Raumbild zu unterscheiden. Bei Betrachtung von Stereoskopbildern in einem Spiegelstereoskop werden die Blicklinien auf einander entsprechende Bildpunkte gerichtet. Dabei schneiden sich die Blicklinien. Diese Schnittpunkte sind die „Raumbildpunkte", d. h. Punkte eines gedachten Gegenstandes, welcher im Falle der Orthostereoskopie dem stereoskopisch aufgenommenen Gegenstand an Form und Größe gleich ist. Die Raumwahrnehmung bei Stereoskopie ist so, als ob das Raumbild gegenständlich da wäre. Auch das gewöhnliche binokular betrachtete Spiegelbild eines Gegenstandes ist ein Raumbild. Der Vorteil der Raumbildfiktion liegt darin, daß wir durch sie die Vielheit von Spiegeln und Flächenbildern aus den weiteren Überlegungen ausschalten und sie durch das anschauliche und in der Vorstellung einheitlich dastehende Raumbild ersetzen können.

Fiktionen spielen ferner eine Rolle beim Verständnis der Wirkungsweise der binokularen Instrumente, welche die Betrachtungsbasis (den Augenabstand) vergrößern. Diese Instrumente gehen bekanntlich auf das HELMHOLTZsche Telestereoskop zurück. Es werden im folgenden nur die Apparate ohne Fernrohrvergrößerung berücksichtigt.

Die Genauigkeit der Tiefenwahrnehmung ist von der seitlichen Augendistanz (Augenabstand) abhängig. Wir nehmen nun eine Fiktion zu Hilfe. Wir denken uns die Augen aus der Augenhöhle herausnehmbar und mit entsprechend langen Sehnerven versehen[1]. Stellen wir nun die Augen nach außen heraus, so wird die Tiefenwahrnehmung verstärkt, weil die Parallaxen der Netzhautbilder zunehmen. Kleine Tiefenunterschiede werden also hierdurch sicherer erkannt. Um nun aus der Fiktion zur Wirklichkeit, also zur Anwendung zu gelangen, erinnern wir uns daran, daß wir an Stelle reeller Objekte in vielen Beziehungen virtuelle Bilder setzen können. Da wir die Augen tatsächlich nicht seitlich herausstellen können, ersetzen wir sie durch ihre seitlich entworfenen Bilder, welche von dem Spiegelsystem des binokularen Instruments geliefert werden. Bei Anwendung des binokularen Instruments kommen nun die Netzhautbilder und ihre Parallaxen so zustande, als ob die Augen dorthin zur Seite verschoben wären, wohin vom Instrument ihre virtuellen Bilder entworfen werden. So haben wir auf kürzestem Wege das Verständnis erreicht. Wiederum sind für den optischen Wahrnehmungsapparat nur die Netzhautbilder und ihre Parallaxen maßgebend, nicht die Art des Zustandekommens. Der Vorteil der Fiktion liegt wieder darin, daß man an Stelle einer in ihren Beziehungen wenig übersichtlichen Vielheit (die Augen, die Spiegel) eine anschauliche und einheitliche Vorstellung

[1] Der Vergleich liegt hier nur in der Einzahl und in der medianen Lage des Auges, nicht in der vorgestellten Größe des Zyklopenauges.

[2] HERING, E., Handbuch der Physiologie (HERMANN) 3 (1), 392 (1879). HELMHOLTZ, H. Handbuch der physiologischen Optik, 3. Aufl. 3, 215, 376 und 465 (v. KRIES). (1910)

[3] Lehrb., S. 521, Abb. 158.

[1] Lehrb. S. 531.

setzt, durch die man zur Beherrschung des Gebiets vordringen kann.

Auch die Raumbildfiktion bedarf bei diesen binokularen, die Betrachtungsbasis vergrößernden Instrumenten noch einer kurzen Besprechung. Bei Betrachtung von Gegenständen unter Anwendung eines erweiterten Augenabstandes fällt auf, daß die Gegenstände kleiner aussehen und näher gerückt erscheinen, als bei freier Betrachtung. Dieser Eindruck entspricht dem Raumbild, welches, wie man leicht durch Zeichnung der Blicklinien findet[1], ebenfalls kleiner ist und näher liegt, als der Gegenstand. Die Wahrnehmung ist bei Benutzung eines die Betrachtungsbasis vergrößernden Instruments so, als ob nicht der ferne Gegenstand, etwa eine Statue, sondern ein näher liegendes verkleinertes Modell betrachtet würde. Deshalb wird in diesem Fall das Raumbild als Modellraumbild bezeichnet. Es ist leicht ersichtlich, daß hier keine Theorie oder Hypothese vorliegt, sondern eine rein fiktive Veranschaulichung, ohne die es schwer möglich ist, das verwickelte Tatsachengebiet zu erfassen.

Zusammenfassend können wir sagen, daß bei allen optischen Fiktionen ein Vergleich der Wirklichkeit mit etwas Gedachtem zugrunde liegt, mit dem wir innerhalb seiner Geltungsgrenzen wie mit etwas Wirklichem umgehen können. Der Vorteil liegt darin, daß die Wirklichkeit unübersichtlich ist, das an ihre Stelle tretende Gedachte aber anschaulich und auch mathematisch erfaßbar. Die Fiktionen haben rein wissenschaftlichen oder mehr didaktischen Wert, wobei die wissenschaftliche und die didaktische Bedeutung ineinander übergehen.

[1] Lehrb. S. 531, Abb. 166.

Der Aufbau der menschlichen Motorik[1].

Von GEORG SCHALTENBRAND, Hamburg.

(Aus der Universitätsnervenklinik des Eppendorfer Krankenhauses, Prof. Dr. NONNE.)

Es gibt verschiedene Wege, um den Aufbau der menschlichen Motorik zu erforschen. Der eine beruht darauf, daß man die Nervensysteme verschiedener Tierarten miteinander vergleicht und versucht, Unterschiede in deren anatomischem Aufbau mit Unterschieden in den Bewegungen in Zusammenhang zu bringen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß man die individuelle Entwicklung der Bewegungen des Menschen oder eines bestimmten Tieres verfolgt und vergleicht, welchen Zustand der Reife das Nervensystem zu den einzelnen Zeitpunkten der Entwicklung erreicht hat. Eine weitere Möglichkeit ist die, im Tierexperiment bestimmte Teile des Nervensystems zu zerstören und zu untersuchen, welche Leistungen die übrigbleibenden Teile noch zu vollbringen vermögen und welche Leistungen verschwunden sind. Aus derartigen Beobachtungen lassen sich bis zu einem gewissen Grade Schlüsse auch für die Funktion des menschlichen Nervensystems ziehen, wenigstens insofern unser Nervensystem ähnlich gebaut ist wie das unserer Versuchstiere. Weil wir am Menschen nicht experimentieren können, steht uns im übrigen nur das zur Verfügung, was die Natur selbst durch Krankheiten an zerstörenden Experimenten vornimmt. Ich will versuchen, die wesentlichen Ergebnisse aller dieser Methoden darzustellen.

Die *motorischen Funktionen des Rückenmarks* sind vor allen Dingen durch FREUSBERG und SHERRINGTON erforscht worden. Das Rückenmark spielt bei den niederen Tieren eine sehr viel bedeutungsvollere Rolle als bei den höheren Tieren, deren orales Nervensystem sich so außerordentlich entwickelt hat. Immerhin vermag auch das Rückenmark der höheren Säugetiere einschließlich des Menschen unabhängig vom Gehirn zahlreiche Aufgaben zu erfüllen. Es beherbergt zum Beispiel eine ganze Reihe von Schutz- und Abwehrreflexen, wie den Verkürzungsreflex eines schmerzhaft gereizten Beines und den Streckreflex des gekreuzten Beines. Nach Durchschneidung des Rückenmarks beim Hund kommen in den gelähmten Hinterbeinen sogar Kratzreflexe zustande, ebenso wedelnde Bewegungen des Schwanzes bei Berührungsreizen. Am Rückenmark sind einige Grundprinzipien der motorischen Innervation entdeckt worden. So vor allem das Gesetz der reziproken Innervation (SHERRINGTON), das in der reflektorischen Erschlaffung des Antagonisten besteht, wenn der Agonist sich zusammenzieht. Ferner lassen sich bereits am Rückenmark sog. Schaltungen demonstrieren, d. h. ein Reflex auf einen bestimmten Reiz hin läßt sich durch einen zweiten Reiz modifizieren, indem er z. B. in einen anderen Körperabschnitt gesteuert wird. So kratzt, wenn man einen „Rückenmarkshund" in Seitenlage krault, stets nur das oben liegende Hinterbein die gekraulte Stelle; krault man ihn in Rückenlage oder in Hängelage, so kratzt stets das Bein, auf dessen Seite die Haut gereizt worden ist. Unter bestimmten Reizen können vom isolierten Rückenmark aus auch alternierende Beinbewegungen innerviert werden, die eine gewisse Ähnlichkeit mit Laufbewegungen haben. Eine der wichtigsten Reflexarten, die das Rückenmark leistet, sind die Eigenreflexe der Muskeln, die in einer Kontraktion auf passive Dehnung hin bestehen. Auch beim isolierten menschlichen Rückenmark können fast alle diese Reflexe beobachtet werden, wenn auch manche, vor allem die „Eigenreflexe", infolge der hohen Empfindlichkeit unseres Nervensystems nach völliger Rückenmarksdurchtrennung zunächst monatelang fehlen (Chockwirkung). Alle diese Reflexe laufen innerhalb eines Rückenmarkssegmentes ab oder nehmen nur wenige benachbarte

[1] Nach der Habilitationsvorlesung des Verfassers am 24. Februar 1928.

Segmente in Anspruch. Mit ihnen sind bestimmte Schutz- und Abwehrreflexe des Hirnstammes prinzipiell verwandt, z. B. Niesen, Husten und Erbrechen.

Darüber hinaus enthält der *Hirnstamm* jedoch nervöse Apparate, die alle Segmente des Rückenmarks und Hirnstammes für bestimmte Leistungen zusammenfassen.

Ein enthauptetes Tier ist wohl fähig, auf Reize schmerzhaft zusammenzuzucken und die oben beschriebenen Reflexe zu zeigen, aber es kann weder stehen noch atmen. Die Zentren für diese beiden Innervationen liegen in der Mitte der Oblongata und in der Brücke. Wir wollen uns hier nur mit dem Zentrum für die Körperhaltung befassen, das durch SHERRINGTON, MAGNUS und DE KLEYN erforscht worden ist. Seine Tätigkeit läßt sich in übertriebener Weise darstellen, wenn das Großhirn mit dem Mittelhirn vom Hirnstamm abgetrennt wird. Es entsteht dann Enthirnungsstarre. Alle Muskeln sind hypertonisiert, insbesondere jene, welche normalerweise der Schwerkraft entgegenwirken. Der Muskeltonus ist in gesetzmäßiger Weise von der Stellung des Kopfes im Raume und relativ zum Körper abhängig, indem Dauerreflexe von den Labyrinthen und von den hinteren Wurzeln der Halsmuskulatur die Beuge- und Streckhaltung der Glieder regulieren. Ein decerebriertes Tier kann wie eine Holzpuppe auf seine Beine gestellt werden und bleibt dann stehen, stößt man es an, so fällt es um und vermag nicht mehr aufzustehen. Die Muskelinnervation, die während des normalen Stehens zweckmäßig ist, ist festgefahren und karikaturartig übertrieben.

Sehen wir nun zu, was geschieht, wenn wir den nächsten Abschnitt des Hirnstammes, das *Mittelhirn*, zu dem bisher beschriebenen Torso des Nervensystems hinzufügen. MAGNUS und RADEMAKER haben uns gelehrt, daß Tiere mit einem soweit erhaltenen Nervensystem in der Lage sind, von jeder abnormen Haltung aus die Normalstellung zu erreichen. Sie verfügen über sämtliche „Stellreflexe", während das Tier mit caudal vom roten Kern durchschnittenen Nervensystem nur über die „Haltungsreflexe" verfügt.

Die wichtigsten Reizquellen für die Stell- und Haltungsreflexe sind das Labyrinth und die proprioceptiven Erregungen der Muskeln. Die labyrinthären Reize lassen sich in solche der Lage (die von den Otolithen ausgehen) und solche der Bewegung (von den Bogengängen aus) einteilen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch für die proprioceptiven Impulse der Muskeln ein derartiges Einteilungsprinzip durchgeführt werden kann. Die wohlbekannten MAGNUS DE KLEYNschen Halsreflexe sind z. B. Reaktionen der Lage, während die Umklammerungsreaktion des menschlichen Säuglings unter anderem von Bewegungsperceptoren der Muskeln auslösbar ist.

Je primitiver die Tierart, desto wichtiger das Labyrinth. Beim Menschen und Affen z. B. verursacht ein einseitiger Labyrinthausfall schon nach kurzer Zeit keine wesentlichen Störungen mehr, während Kaninchen ihr Leben lang schwer gestört bleiben. Bei Vögeln ist das Labyrinth natürlich von ganz besonderer Bedeutung.

Die bei Tieren gefundene Lokalisation der Stellreflexe im Mittelhirn gilt für den Menschen wohl nur mit einigen Einschränkungen, die zum Teil auf der zunehmenden Bedeutung der Pyramidenbahn beruhen, welche die subcorticale Motorik ablöst, zum Teil aber auch auf Besonderheiten der menschlichen Motorik zurückzuführen sind. Unsere aufrechte Körperhaltung unterscheidet sich ja deutlich von der horizontalen der Vierfüßler. Sie ist wahrscheinlich nicht auf geradem Wege erreicht worden, sondern auf dem Umweg über Klettertiere, die, den heutigen Affen ähnlich, in den Bäumen lebten (MORTON). Diese Umwandlungen haben in unserem Reflexgefüge eigentümliche Spuren hinterlassen. Im ersten Lebensmonate zeigt der menschliche Säugling dieselben Klammer- und Greifreflexe wie der junge Affe. Nach MORO benutzt der Säugling diese Reflexe dazu, sich an der springenden Mutter festzuhalten. Am Ende des ersten Lebensjahres lassen sich noch Vierfüßlermechanismen beobachten, z. B. im Laufen und Kriechen auf allen Vieren und in der Neigung zu Torsionsbewegungen des Stammes während des Aufstehens (SCHALTENBRAND). Wie ich zeigen konnte, gehen im späteren Lebensalter alle diese Erscheinungen verloren, können aber bei Erkrankungen des Zentralnervensystems wieder auftreten. Die Lokalisationsfrage ist für die besonderen Formen des menschlichen Aufstehens und des menschlichen Ganges noch nicht gelöst.

Beobachtungen GAMPERS an einem mehrere Monate lebenden großhirnlosen Kind beweisen jedenfalls, daß auch der Thalamusmensch über eine beträchtliche Stellfunktion verfügt.

Tiere mit erhaltenem Mittelhirn („Thalamustiere") haben eine annähernd normale Tonusverteilung und können sich fortbewegen: sie sind jedoch völlig Idiot. Wie bei einer Maschine werden ihre Fortbewegungen und ihre Stellreflexe unter dem Einfluß innerer und äußerer Reize ein- und ausgeschaltet. Überläßt man diese Tierpräparate, insbesondere Thalamuskatzen, ganz sich selbst, so erfolgt die Ein- und Ausschaltung der Fortbewegung und der Stellreflexe periodisch, so daß eine Art Schlaf- und Wachrhythmus entsteht (SCHALTENBRAND und GRINDT). Es läßt sich nachweisen, daß die Füllung des Magens, die Füllung der Blase und des Mastdarmes und die Ermüdung auf diese Schaltungen einwirken. Durch Schmerzreize, Berührungsreize und akustische Reize und deren Kombination mit Fesselungsreizen lassen sich mannigfache Modifikationen in der motorischen Produktion der Thalamustiere erzeugen. Wahrscheinlich sind diese periodischen Regulationen der Motorik prinzipiell mit denen verwandt, die RICHTER und WANG unter dem Ein-

fluß der Magenperistaltik und des Ovarialzyklus bei normalen Ratten gesehen haben. Anscheinend verfügen die Tiere über einen besonderen Mechanismus, der die Gesamtmenge der motorischen Produktion regelt und deren zeitliche Abgabe wie eine Anzahl innerer Uhren in die Rhythmen des Mikro- und Makrokosmos einpaßt. Diese endogen bedingten motorischen Einstellungen seien als *„motorischer Haushalt"* bezeichnet. Die Zentren des „motorischen Haushalts" liegen wohl in unmittelbarer Nachbarschaft der Zentren für den Wärmehaushalt und den Stoffwechselhaushalt, die ja ebenfalls beim Thalamustier erhalten sind und beim decerebrierten Tier fehlen.

Überspringen wir zunächst einmal die noch umstrittene Bedeutung des Kleinhirns und des Striatums für die Motorik und wenden wir uns der *Hirnrinde* zu. Durch die Versuche von FRITSCH und HITZIG ist bewiesen worden, daß die elektrische Reizung der Hirnrinde Bewegungen verschiedener Körperteile hervorruft. Studien zahlreicher Forscher, ich nenne nur SHERRINGTON, CUSHING, OTTFRIED FÖRSTER, haben mit großer Genauigkeit die Reizpunkte der Hirnoberfläche für nahezu alle Körperabschnitte festgelegt. Ähnlich wie auf der Klaviatur einer Orgel können wir von bestimmten Abschnitten des Pyramidenareals bald diesen, bald jenen Muskel des Körpers zur Kontraktion bringen oder auch kompliziertere Bewegungen auslösen. Hier haben wir die Bahn der willkürlichen Motilität vor uns. Aber man hat die Rolle der Hirnrinde auf Grund dieser Befunde eine Zeitlang bedeutend überschätzt, und es bedurfte der Versuche von GOLTZ, MUNK, MAGNUS, um zu zeigen, welche unendlich verwickelten Leistungen unabhängig von der Hirnrinde zustande gebracht werden können.

Nach Abtragung der Hirnrinde bleibt beim Vierfüßler die ganze Fülle der Stellreflexe, Haltungsreflexe und der Abwehrreflexe erhalten, was fehlt, sind vor allem die feineren intentionierten Bewegungen und die angelernten Bewegungsfolgen. Der Ausfall dieses höchsten und verhältnismäßig jungen Teiles der Motorik wiegt um so schwerer, je höher die Tierart auf der entwicklungsgeschichtlichen Leiter steht. Beim Menschen verursacht dieser Ausfall bereits das Auftreten von Erscheinungen, die wir bei Katzen und Hunden nur nach Verletzung des Mittelhirns sehen, nämlich eine partielle Enthirnungsstarre. Der Kliniker kennt sie unter dem Namen der spastischen Lähmung. Wie bei der Enthirnungsstarre kommt es zu einer Hypertonisierung der Muskulatur, vor allen Dingen der Antigravitationsmuskeln. Die MAGNUS DE KLEYNschen Haltungsreflexe treten hervor, obwohl dieselben normalerweise beim Menschen im Unterschied zum Vierfüßler noch während der Säuglingsperiode nachzuweisen sind und später verschwinden.

Beim Menschen entwickelt sich noch ein besonderer Abschnitt der Hirnrinde, der sich nur mit der Innervation der Sprache befaßt. Aber die Physiologie und Pathologie dieses am Fuß der dritten Stirnwindung gelegenen Gebietes ist ein so umfangreiches Kapitel, daß ich hier nicht weiter darauf eingehen kann.

Wir müssen jetzt noch die Funktion zweier Abschnitte nachholen, die des Kleinhirns und der Stammganglien. *Das Kleinhirn* ist entwicklungsgeschichtlich ein Auswuchs des Nachhirns. Seine oberflächliche Rinde und seine tiefen Kerne sind elektrisch erregbar. Auf die Reizung hin erfolgt gewöhnlich eine gemeinschaftliche Bewegung größerer Körperabschnitte. Vergleichend-anatomische Untersuchungen von BOLK und die Experimente von LUCIANI, VAN RYNBERK, THOMAS, BARANY, SVEN INGVAR, TEN CATE u. a. haben es wahrscheinlich gemacht, daß bestimmte Kleinhirnabschnitte zu bestimmten Körperabschnitten in Beziehung stehen.

Erkrankungen und Läsionen des Kleinhirns haben eine eigentümliche Folge: es bleiben nämlich im Grunde alle Bewegungen in den geschädigten Körperabschnitten erhalten. Auch alle Stellreflexe, Haltungsreflexe und Gleichgewichtsreaktionen sind noch bei völliger Kleinhirnexstirpation erhalten (MAGNUS und RADEMAKER). Die Bewegungen erfolgen aber in der ersten Zeit nach der Operation schleudernd und ungeschickt, unter zahlreichen Schwankungen, so daß das angestrebte Ziel der Bewegungen nur mit sichtlichem Zeitverlust erreicht wird. Späterhin werden die Störungen undeutlich, treten aber nach Exstirpation der motorischen Rindenzone des Großhirns wieder auf. Es scheint, daß sie von hier aus weitgehend kompensiert werden können. SVEN INGVAR erklärt die Tätigkeit des Kleinhirns so, daß es in jedem Augenblick alle Abschnitte des Körpers auswiegt und auf Grund dieses Wiegeergebnisses reflektorisch die Impulse der Bewegungen korrigiert. Die eigentlichen Bewegungsimpulse stammen nach unserem heutigen Wissen für die willkürliche Motilität von der Hirnrinde, für die Stellreflexe vom Mittelhirn und für die Körperhaltung vom Hirnstamm. Diese Bewegungsimpulse zeichnen die geplante Bewegung anscheinend nur rein räumlich vor. Bei seinen Bewegungen hat der Körper es jedoch nicht mit masselosen Raumpunkten zu tun. Durch die ständig wechselnde Schweresituation bei verschiedenen Haltungen und Lagen wird also die Ausführung selbst der einfachsten Bewegung zu einem ständig wechselnden Problem. Eine ähnliche Aufgabe erwächst daraus, daß die Trägheitsmomente des Körpers und seiner Teile sich bei jeder Bewegung verändern. Die Reflexe zur Kompensation der Trägheits- und Gravitationseinflüsse auf die geplante Bewegung können wir als massale Reflexe zusammenfassen, und das Kleinhirn ist ihr Hauptzentrum (SVEN INGVAR). Seine Tätigkeit ist von der bewußten Wahrnehmung der Schwere, der Lage und der Bewegungen der Glieder wohl zu trennen, denn diese Funktionen bleiben bei reinen Kleinhirnzerstörungen erhalten

Diese Auffassung der Kleinhirnfunktion erklärt auch die alte Beobachtung, daß ein kleinhirnloser Hund gut und sicher schwimmen kann, so ataktisch er auch an Land ist, während ein auf dem Lande ganz sicherer labyrinthloser Hund im Wasser sofort die Orientierung verliert und ertrinkt.

Ganz anderer Natur scheint die *Funktion des Striatums* zu sein. Schon Anfang des vorigen Jahrhunderts glaubte MAGENDIE, daß es von großer Bedeutung für die Motorik sei, weil seine Versuchstiere wie wild herumliefen, wenn das Striatum verletzt wurde. Auch FERRIER und NOTHNAGEL berichten, daß elektrische bzw. chemische Reizung des Striatums Zwangsbewegungen erzeugt. ANTON nahm auf diese primitiven Versuche Bezug, als er einst bei der Sektion eines Kranken mit lebhaften choreatischen Zwangsbewegungen Zerstörungen im Striatum fand. Aber erst durch die Arbeiten von CÉCILE VOGT und WILSON kam der Stein ins Rollen. Beide Autoren untersuchten die Gehirne von Fällen, die zu Lebzeiten starke Muskelspannungen und unwillkürliche Bewegungen gezeigt hatten. Während WILSON in seinen Fällen neben einer Erkrankung der Leber ausgedehnte Zerfallshöhlen im Striatum fand, beschrieb CÉCILE VOGT eine eigentümliche Atrophie des Striatums mit Schwund der Zellen und Vermehrung der Fasern als Hauptbefund (État marmoré). Es folgte eine Flut von Mitteilungen über anatomische Veränderungen im Striatum bei jenen Krankheitsbildern, die als Parkinsonismus, Chorea oder Athetose bezeichnet werden. STRÜMPELL hat sie einst unter dem Namen „amyostatische Störungen" zusammengefaßt. Unter dem Einfluß dieser Entdeckungen gingen zahlreiche Autoren, ihnen voran O. und C. VOGT, FÖRSTER und HUNT, A. JAKOB dazu über, das Striatum als ein wichtiges motorisches Zentrum anzusprechen und dahinein die Innervation der Körperhaltung, des Muskeltonus und der Mitbewegungen zu lokalisieren.

Diese Theorie steht anscheinend in Widerspruch zu vielem, was ich oben ausgeführt habe, und es müssen eine Reihe von Einwendungen erhoben werden. WILSON selbst hat wohl die sorgfältigsten elektrischen Reizungsversuche des Striatums ausgeführt und hat niemals eine eindeutige Bewegung erhalten, wie dies von der vorderen Zentralwindung, vom roten Kern, von den Kleinhirnkernen aus jederzeit möglich ist. WILSON hat ferner bei Affen das Striatum einseitig ausgiebig zerstört und hat niemals etwas gesehen, was sich mit den extrapyramidalen Störungen des Menschen vergleichen ließe. (Andersartige Beobachtungen von LEWY nach doppelseitigen Zerstörungen sind leider nicht anatomisch bestätigt worden.) Auch MAGNUS hat seine gewichtige Stimme gegen die Neigung erhoben, das Striatum mit der Innervation des Muskeltonus, der Körperstellung und assoziierter Bewegungen zu belasten, weil nach völliger Entfernung des Großhirns vor den Thalamis diese Leistungen erhalten bleiben.

Wir stehen also vor der Frage, ob wir dem Kliniker oder dem experimentellen Physiologen glauben sollen. Wir müssen uns fragen, ob die Beschreibung der amyostatischen Störungen vielleicht den experimentellen Forscher auf Irrwege geleitet hat, oder ob wirklich Tiere gar nicht fähig sind, mit amyostatischen Symptomenkomplexen zu erkranken.

Was die erste Frage anbetrifft, so haben schon WILSON, BABINSKI, JARKOWSKI und BOSTRÖM darauf hingewiesen, daß bei extrapyramidalen Erkrankungen kein eigentlicher Ausfall irgendwelcher Bewegungen oder motorischer Leistungen besteht. Ich selbst konnte nachweisen, daß auch die Stell- und Haltungsreflexe bei diesen Erkrankungen nicht notwendig gestört zu sein brauchen. Das Wesentliche in den amyostatischen Störungen besteht vielmehr in einem Zuviel oder einem Zuwenig an Bewegungen; die Bewegungen erfolgen zu schnell oder zu langsam, sie breiten sich zuwenig oder zuviel über den Körper aus. Die Haltung ist zu stark gebeugt oder zu stark gestreckt, und der Muskeltonus ist erhöht oder vermindert. Dabei schwanken die Störungen an Intensität; sie können unter bestimmten Umständen vollkommen verschwinden. Ein Parkinsonkranker ist unter Erregungen manchmal fähig, ungeahnte Leistungen zu vollbringen; ebenso kann er kurz nach dem Erwachen völlig frei sein von Beschwerden, ähnlich der Choreakranke. Umgekehrt werden durch Aufregung alle Symptome häufig verstärkt.

Wenden wir uns zu der zweiten Frage, ob amyostatische Symptomenkomplexe bei Tieren vorkommen.

LEWY und MELLA konnten durch Diphtherievergiftung und Manganvergiftung bei verschiedenen Tierarten amyostatische Symptome erzeugen. Es kann ferner nachgewiesen werden, daß die Bulbokapninvergiftung einem künstlichen Parkinsonismus entspricht.

Wenn wir also eine Hypothese über die Beziehungen des Striatums zu den extrapyramidalen Bewegungsstörungen aufstellen wollen, so müssen wir berücksichtigen: 1. daß das Striatum bei extrapyramidalen Störungen des Menschen sehr häufig elektiv oder besonders schwer erkrankt ist, 2. daß grobe Zerstörungen des Striatum bei Mensch und Tier nicht notwendig extrapyramidale Störungen erzeugen, 3. daß auch bei Tieren extrapyramidale Störungen bestehen und 4. daß bei den extrapyramidalen Störungen kein eigentlicher Ausfall irgendwelcher Bewegungen entsteht.

Um eine Hypothese zu entwickeln, die allen diesen Punkten gerecht wird, muß ich weiter ausgreifen.

VON UEXKÜLL hat nun gelehrt, daß für die meisten Tiere die Umwelt in umschriebene Kategorien von Gegenständen zerfällt, z. B.: 1. es handelt sich um ein Beuteobjekt, welches das Tier erringen muß, wenn es Hunger hat, 2. es handelt sich um ein Sexualobjekt, mit welchem

es die Begattung ausführen muß, wenn es brünstig ist, 3. es handelt sich um einen Feind, der das Leben des Tieres gefährdet, 4. es handelt sich um das schützende Nest, in dem das Tier verborgen ist, 5. der Gegenstand ist für das Tier gleichgültig, und es braucht nicht auf ihn zu reagieren. Allen diesen Gegenständen gegenüber ist eine sehr verschieden motorische Einstellung vonnöten.

Die Fortbewegung erfolgt unter gleichgültigen Gegenständen vor allen Dingen unter dem Gesichtspunkt der Ökonomie der Kräfte. Das Tier muß dagegen sofort seine Motorik verändern, wenn es seine Beute erblickt; es darf vor allen Dingen weder gesehen noch gehört werden. Es geht gebückt und vermeidet jede Mitbewegung oder hält sich reglos. Im Kampf mit dem Feinde dagegen kommt es darauf an, das Höchstmaß an Kraft und Muskelspannung zu entwickeln. Ein ähnliches Bedürfnis besteht während der Flucht und umgekehrt eine Herabminderung aller Bewegungen beim Totstellen. Beim Werben um das Sexualobjekt wird ein Übermaß von Bewegungen gezeigt (Tanz), das die Aufmerksamkeit des Partners anziehen soll. Den eigentlichen Charakter, den die Motorik in diesen verschiedenen Situationen erhält, könnte man als „motorische Stimmung" bezeichnen. Bei allen diesen motorischen Stimmungen sind die Stellreflexe, die Progression und die Willkürbewegungen erhalten. Die Unterschiede dieser Stimmungen bestehen in Variationen ganz anderer Elemente. Die motorischen Stimmungen setzen sich aus Grundkomponenten zusammen wie Akinese oder Hyperkinese, Ausbreitung oder Einschränkung der Mitbewegungen, Spannung oder Entspannung der Muskeln, stärkerer Streck- oder Beugehaltung und aus besonderen Bewegungen, wie Zittern, Schwanzwedeln, dazu beim Menschen noch Lachen und Weinen, also denselben Elementen, die bei den amyostatischen Bewegungsstörungen fehlen oder krankhaft fixiert sind. Sogar die Tremoren, die bei den Parkinsonkranken auftreten, sehen wir bei der Angst und Wut als normale Erscheinung. Bei den amyostatischen Störungen ist gewissermaßen eine bestimmte motorische Stimmung festgefahren, und der Kranke befindet sich gegen seinen Willen in einer Lauerhaltung, Angst- oder Wuthaltung oder in einem werbenden Bewegungstanz, Veitstanz (Chorea). Da in diesen Fällen das Striatum besonders häufig erkrankt ist, entsteht der Verdacht, daß es mit der Innervation der motorischen Stimmung besonders eng verknüpft ist.

Das Striatum ist faseranatomisch zwischen den Thalamus und die motorischen Haubenkerne eingeschaltet. Der Thalamus integriert nach unserem heutigen Wissen die gesamte Körpersensibilität. Man geht vielleicht nicht fehl, wenn man in ihn das subjektive Erlebnis dessen verlegt, was wir als Angst, Wut, Freude, Gier, kurzum als Affekte und Gemeingefühle bezeichnen. Ich halte es für das wahrscheinlichste, daß der motorische Ausdruck dieser Affekte und Gemeingefühle im Striatum eingestellt wird. Dabei innerviert das Striatum wahrscheinlich selbst keine Bewegungen, keine Stellreflexe, keine Haltungen, sondern verändert nur die Erregungszustände und -schaltungen der motorischen Zentren. Die eigentlichen motorischen Zentren entsprechen der Klaviatur einer Orgel, das Striatum den Registerzügen. Da nach dieser Auffassung das Striatum mit mehreren antagonistisch wirkenden Zügen in den Ablauf der Motorik eingreift, ist erklärt, warum ein striatumkranker Mensch oder ein striatumloses Tier gelegentlich einen „normalen" Eindruck macht. Um die Störungen des Striatums nachzuweisen, wird es nötig sein, den Menschen oder das Tier unter die verschiedenartigsten Situationen zu bringen und festzustellen, ob er die diesen Situationen angemessene motorische Stimmung hinreichend schnell aufbringt und lange genug festzuhalten vermag. Versuche mit dieser Fragestellung bei Tieren scheinen in der Tat in diese Richtung zu weisen. Ich nenne hier nur Beobachtungen von Dresel bei großhirnlosen Hunden, Rogers bei Vögeln, und Stanley, Cobb und mir selbst bei großhirnlosen Katzen.

So scheint es, daß unsere Vorstellung vom Aufbau der menschlichen Motorik sich rundet. Für den primitiven Menschen ist die Bewegung kein Problem. Dem Forscherauge aber enthüllt sich ein grandioses Gebäude zweckmäßiger Regulationen. Der Mensch erwirbt in seiner Motorik mühelos ein Geschenk, das auf den Erfahrungen von Äonen aufgebaut ist.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Brechungsindex der Elektronen und Diamagnetismus.

In einer kürzlich erschienenen schönen Arbeit[1] hat H. Bethe unter vielen anderen interessanten Dingen das Gitterpotential V_0 („äußere Austrittsarbeit" nach Sommerfeld) berechnet, welches für den Brechungsindex der Elektronenwellen verantwortlich ist und daher durch Elektronenbeugungsversuche direkt experimentell ermittelt werden kann. Er findet[1] die Formel

$$V_0 = \frac{2\pi}{3} \nu \Theta , \tag{1}$$

dabei ist ν die Anzahl der Atome pro Volumeneinheit im Krystall und

$$\Theta = \int_0^\infty \varrho(r)\, r^4\, dr , \tag{2}$$

[1] H. Bethe, Ann. Physik **87**, 55 (1928).

[1] l. c. S. 109.

wenn $\varrho(r)$ die (wellenmechanische) Ladungsdichte der Elektronen des einzelnen Atoms (in einer Kugelschale im Abstand r vom Kern) darstellt, unter der Voraussetzung: 1. daß die gebundenen Elektronen eine kugelsymmetrische Konfiguration bilden, 2. daß die freien Elektronen im Krystall gleichmäßig verteilt sind.

Dieses „Trägheitsmoment der Ladung" Θ steht aber bekanntlich in enger Beziehung mit der diamagnetischen Suszeptibilität $-\chi_d$ der Substanz, und zwar gilt (mit den üblichen Bedeutungen von e, m, c)

$$\chi_d = \frac{e}{6mc^2} r\Theta. \tag{3}$$

Der Vergleich von (1) und (3) ergibt somit die merkwürdige Beziehung

$$\chi_d = \frac{eV_0}{4\pi mc^2}; \tag{4}$$

freilich dürfte diese Formel wegen der oben erwähnten Annahmen keineswegs strenge Gültigkeit beanspruchen, sondern nur größenordnungsmäßig erfüllt sein.

Zur experimentellen Prüfung ist noch zu bedenken, daß die gemessene Suszeptibilität $\chi_{exp.}$ sich zusammensetzt aus dem diamagnetischen Anteil $-\chi_d$ und einem paramagnetischen Anteil χ_p:

$$\chi_{exp.} = \chi_p - \chi_d. \tag{5}$$

Wegen der angenommenen Kugelsymmetrie der Atome rührt der Paramagnetismus lediglich von dem Spin der Leitungselektronen her und kann nach der Paulischen Theorie[1] abgeschätzt werden:

$$\chi_p = (nv)^{1/3} \cdot 2{,}209 \cdot 10^{-14} = \left(\frac{n \cdot 606}{a}\right)^{1/3} \cdot 0{,}221 \cdot 10^{-6} \tag{6}$$

(n Zahl der Leitungselektronen pro Atom; a Atomvolumen).

Der Vergleich mit der Erfahrung ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

1	2	3	4	5	6	7	8
Element	V_0	n	a	$\chi_p \cdot 10^6$	$\chi_d \cdot 10^6$	$(\chi_p - \chi_d) \cdot 10^6$	$\chi_{exp.} \cdot 10^6$
Al . . .	17	3	10,1	1,25	2,65	− 1,40	+ 1,8
Cr . . .	20?	3?	7,7	1,37	3,12	− 1,75	+ 24
Cu . . .	13	1	7,1	0,97	2,03	− 1,06	− 0,8
Ag . .	12	1	10,3	0,86	1,87	− 1,01	− 1,3 bis − 2,3
Au . .	12	1	10,2	0,86	1,87	− 1,01	− 2,9
Pb. . .	12	3	18,2	1,025	1,87	− 0,845	− 0,84
	14	4		1,13	2,18	− 1,05	bis − 1,4

Für die in Spalte 1 angeführten Elemente (Ni scheidet natürlich aus) sind in Spalte 2 die aus Elektronenbeugungsversuchen erhaltenen Gitterpotentiale V_0 in Volt angegeben. In Spalte 3 sind die aus Vergleich mit dem Richardson-Effekt berechneten[2] Werte von n eingetragen. Spalte 4 enthält die Atomvolumina, Spalte 5 die daraus mittels Formel (6) berechneten χ_p. Spalte 6 gibt die aus den Werten von V_0 abgeleiteten diamagnetischen Suszeptibilitäten χ_d an; wenn V_0 in Volt ausgedrückt ist, lautet Formel (4)

$$\chi_d = V_0 \cdot 0{,}156 \cdot 10^{-6}. \tag{7}$$

Spalte 7 bringt die berechneten, Spalte 8 die gemessenen Suszeptibilitäten. Die letzteren wurden den Tabellen von Landolt-Börnstein entnommen; es wurde der arithmetische Mittelwert der vorhandenen Messungen gebildet, außer wenn sie (bei Ag und Pb) zu stark voneinander abwichen.

Wie schon betont, ist nichts Besseres als Übereinstimmung in der Größenordnung zu erwarten. Abgesehen von Al und Cr scheint das Ergebnis günstig zu sein, besonders, wenn man bedenkt, daß es sich um eine Differenz zweier Effekte derselben Größenordnung handelt.

Göttingen, Institut für theoretische Physik, den 25. Oktober 1928. L. Rosenfeld.

Anmerkung bei der Korrektur. Gegen die Auswertung der Ruppschen Versuche (E. Rupp, Ann. d. Phys. 85, 981 [1928]) hat G. P. Thomson (Phil. Mag. 6, 939 [1928]) eingewendet, daß man die Brechung des Elektronenstrahles an den Oberflächen der Schicht berücksichtigen müßte. Dies dürfte aber kaum berechtigt erscheinen, wenn man bedenkt, daß die Ruppschen Schichten aus lauter kleinen Krystallen mit allen möglichen Orientierungen bestehen. Übrigens hat Herr Rupp den Thomsonschen Einwand durch neue Versuche direkt widerlegt, indem er die Folie gegen den Strahl beliebig drehte und immer dasselbe Beugungsbild bekam. Ferner hat E. Rupp durch die Auffängermeßmethode die Gitterpotentiale seiner Folien neu bestimmt. Dabei gibt er insbesondere für Cu, Ag, Au die Werte 15 ± 3, bzw. 14 ± 3, 14 ± 3 Volt an, die im Gegensatz zu seinen früheren mit der Annahme *eines* Leitungselektrons pro Atom nicht mehr unvereinbar sind. Ich habe diese Annahme gemacht und die experimentellen Werte entsprechend um 2 Volt herabgesetzt, was übrigens für die vorliegende Rechnung nicht wesentlich ist. Herrn Rupp möchte ich für eine freundliche Diskussion und für die Mitteilung seiner neuen Ergebnisse auch an dieser Stelle herzlichst danken.

[1] W. Pauli, Z. Physik 41, 101 (1927).

[2] L. Rosenfeld und E. Witmer, Z. Physik 49, 540 (1928).

Einige Bemerkungen über isobare Elemente.

Unter der Überschrift: „Einige Bemerkungen zur Isotopie der Elemente" bespricht L. Meitner[1] am Schluß derselben radioaktive und gewöhnliche isobare Elemente und kommt auf diesem Wege zur Möglichkeit einer schönen Erklärung der Instabilität des Kaliums[2] und Rubidiums.

Wir wollen nun L. Meitner in ihrem Gedankengang wörtlich folgen, um Wiederholungen zu ersparen:

„Nur ein in den von Aston experimentell gefundenen Werten in die Augen springender Punkt sei hervorgehoben, der die sog. isobaren Atomarten betrifft. Als isobare Atome bezeichnet man bekanntlich solche, die gleiches Atomgewicht, aber verschiedene Kernladungszahl haben. Solche Atome unterscheiden sich nur durch die Anzahl der Kernelektronen. Bei den radioaktiven Elementen muß notwendig jede β-Strahlumwandlung zu einem isobaren Element führen, und es ist eine bekannte Tatsache, daß in den Hauptreihen stets 2 β-Umwandlungen hintereinander auftreten, so daß 3 isobare Elemente entstehen, deren erstes und drittes, die sich also um 2 Kernladungszahlen unterscheiden, meistens stabiler sind als das mittlere, immer aber ist das mittlere weit instabiler als das vorangehende. Nun zeigen die von Aston angegebenen gewöhnlichen isobaren Atomarten eine weitgehende Analogie hiermit. *Sämtliche* Isobaren unterscheiden sich um 2 Einheiten in der Ordnungszahl (W. Aston, Isotope, 2. Aufl.,

[1] L. Meitner, Naturwiss. 30, 719 (1926).

[2] Vgl. G. v. Hevesy, Nature 120, 838 (1927).

S. 134, London 1924), das mittlere fehlt also ganz oder kann nur in gewichtsmäßig nicht nachweisbaren Mengen vorhanden sein[1]. Die Erscheinung der isobaren Elemente tritt im periodischen System zum erstenmal beim Argon (Z = 18) und Calcium (Z = 20) auf; vielleicht hängt damit auch das Vorhandensein eines β-strahlenden Kaliums (Z = 19) zusammen, das dann dem mittleren β-strahlenden isobaren Produkt der radioaktiven Zerfallsreihe entsprechen würde. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Rubidium (Z = 37), dessen Nachbarelemente Krypton (Z = 36) und Strontium (Z = 38) ebenfalls isobare Atomarten besitzen. Für die Wahrscheinlichkeit der Existenz eines solchen mittleren instabilen Isobares könnte es eine Rolle spielen, ob die isobaren Nachbaratome die Hauptkomponente ihres Elementes darstellen oder nicht, so daß beispielsweise beim Caesium kein β-strahlendes Isobar zu erwarten wäre." —

Soweit L. MEITNER. Man könnte dazu noch etwa bemerken, daß beim Caesium es noch unsicher ist, ob überhaupt seine Nachbaratome Isobare besitzen. Wo aber Nachbaratome mit Sicherheit isobar sind, könnte es bloß für die zu beobachtende Radioaktivität des mittleren Elementes eine gewisse Rolle spielen, ob diese isobaren Nachbaratome die Hauptkomponente ihres Elementes bilden. Beispielsweise beim Brom und Jod sind sicherlich Nachbaratome (nur zum Teil Hauptkomponenten) isobar. Obwohl Brom und Jod praktisch nicht radioaktiv sind, könnten sie trotzdem (man bedenke, wie schwer es schon ist, die Radioaktivität des K und Rb mit einfachen Mitteln nachzuweisen) eine gewisse Instabilität besitzen und einer β-Umwandlung unterliegen. Nun sind aber hier die zu erwartenden Umwandlungselemente die Edelgase Krypton und Xenon, deren Nachweis bedeutend leichter ist, als z. B. der Nachweis von Calcium, das auf radioaktivem Wege aus Kalium entstehen sollte.

Für diesen Fall hat O. HAHN[2] berechnet, daß bei einem Kalifeldspath (14% K) vom Alter ca. 10^9 Jahren, nur ca. 0,1 mg Ca pro 1 gr Feldspath zu erwarten wäre, was aus verschiedenen Gründen nicht ausreicht, um das besondere Atomgewicht dieses Calciums mit Sicherheit zu bestimmen.

Beim Brom und Jod, vorausgesetzt daß das Alter nur 10^6 bis 10^7 Jahre (primäre Mineralien sind kaum vorhanden) beträgt, und angenommen, daß ihre Radioaktivität 100mal kleiner ist als diejenige des K, wäre dann pro 1 gr kompakten Minerals (Gehalt an Brom und Jod von 14% nicht sehr verschieden) immerhin noch 10^{-5} bis 10^{-6} mg Kr. oder X zu erwarten (1 ccm Kr wiegt 3,7 mg; 1 ccm X 5,84 mg)[3].

Zwar ist nach RAMSAY[4] in Quellen das Verhältnis Kr/Ar und X/Ar ungefähr wie in der Luft (Luftherkunft), in Mineralien wiederum überhaupt kein Kr oder X nachweisbar, doch muß man bedenken, daß es sich hier um Gasmengen einer anderen Größenordnung handelt.

Warschau, Radiologisches Lab. d. Warschauer Wissensch. Ges., den 1. November 1928.

H. HERSZFINKEL.

[1] Seither sind allerdings auch Isobare bekannt geworden, die sich nur um eine Einheit der Kernladungszahl unterscheiden. Für die Mehrzahl der Fälle aber bleibt die obige Aussage bestehen, so daß die diskutierte Analogie weiter erwogen werden kann.

[2] O. HAHN und M. ROTHENBACH, Physik. Z. 20, 194 (1919).

[3] Nach PANETH kann noch 10^{-10} Helium nachgewiesen werden, allerdings ist, nach privaten Mitteilungen desselben, die Empfindlichkeit für Kr und X vermutlich ganz wesentlich geringer.

[4] W. RAMSAY, Handb. d. allgem. Chemie 1918. Die Edelgase.

Die dynamisch, allotropen Zustände des Selens.

Durch vornehmlich röntgenographische, absorptionsspektrographische Untersuchungen und an Hand eines modifizierten Extraktionsverfahrens, konnte ein polynäres, zumindesten wahrscheinlich binäres Verhalten aller Phasenzustände des Selens gezeigt werden. Speziell in der Schmelze gelang es, zwei der Temperatur entsprechend sich ins Gleichgewicht setzende Komponenten nachzuweisen, indem sorgfältig abgeschreckte Schmelzen unter besonderen Bedingungen mit CS_2 extrahiert wurden. Die Extraktion wurde erschwert, da die Komponenten sich in ihrer absoluten Löslichkeit kaum unterscheiden, wohl aber in ihrer Lösungsgeschwindigkeit. In Lösungen des Se in CS_2 konnte durch spektrographische Messungen ein mit der Konzentration veränderliches Gleichgewicht zweier Selenarten festgestellt werden. In anderen Lösungen, abgesehen von denen, von R. AUERBACH[1] untersuchten H_2SO_4-Lösungen, in denen das Selen ein- und zweiatomig existiert, ist das Selen kolloidal gelöst. Im hexagonalen metallischen Se wurde ein mit der Temperatur veränderliches Gleichgewicht zweier Selenarten von R. MARC[2] gezeigt. Es hat sich jetzt weiter herausgestellt, daß im zum Teil geschwärzten, monoklinen Se wahrscheinlich eine Dissoziation Se_8 Se_1 stattfindet. Die Röntgenaufnahmen nach DEBYE und SCHERRER ergaben die Identität von schwarzen, nichtleitendem SeA (vgl. ABEGG[3] und R. MARC[2]) und schwarzem metallisch leitendem SeB. Beide sind hexagonal im selben Raumgitter, mit genau gleichen Gitterdimensionen. Die verschiedene Leitfähigkeit von SeA und SeB ist auf Korngrößeneffekt zurückzuführen, auf unvollständige Umwandlung aus glasigem Se bzw. Verunreinigungen bei Krystallisationen aus kolloidalen Lösungen, aus welchen sich häufig hexagonales Se abscheidet. An Hand einer durch vorliegende Untersuchungen gerechtfertigten pseudobinären Tx-Darstellung (vgl. A. SMITS[4]) und pseudoternären Darstellung des Se in Lösungen, können die Umwandlungen in allen Se-Phasen einheitlich erklärt werden. Es gibt nur folgende Se-Modifikationen:

1. Amorphes Se: a) glasiges Se, b) rotes amorphes Se.
2. Monoklines metalloides Se.
3. Hexagonales metallisches Se.

Eine ausführliche Mitteilung über diesen Gegenstand erfolgt in nächster Zeit in der Z. anorg. u. allg. Chem.

Kiel, Phys. Chem. Abt. des Chemischen Institutes, den 7. Dezember 1928. GÜNTHER BRIEGLEB.

[1] R. AUERBACH, Z. physik. Chem. 121, 356 (1926).

[2] R. MARC, Z. anorg. u. allg. Chem. 37, 459; 48, 393; 50, 446; 53, 298, Ber. 39, 698.

[3] ABEGG, Handbuch d. anorg. Chem. 4, 699 (1927).

[4] A. SMITS, Theorie der Allotropie.

Kausalität und Wahrscheinlichkeit.

Immer häufiger wird, namentlich von jüngeren Physikern, die Behauptung aufgestellt, es sei durchaus denkbar, daß alles materielle Geschehen auf völlig gesetzloser Grundlage der atomaren Vorgänge beruhen könne; die makroskopische Kausalität würde dadurch nicht beeinträchtigt und fände ihren Ausdruck in Wahrscheinlichkeitsgesetzen. Dabei wird die Vorfrage

ganz übersehen: wie ist denn Wahrscheinlichkeit und statistische Regelmäßigkeit ohne eindeutige Bestimmtheit des Naturgeschehens überhaupt möglich? Diese Frage stellen heißt schon sie verneinen. Man denke eine beliebige Anzahl materieller Punkte ganz beliebig in einem sonst leeren Raume bewegt, also mit fortwährend sich völlig gesetzlos ändernden Richtungen und Größen ihrer Geschwindigkeiten und ohne irgendein sie verknüpfendes Kraftgesetz und versuche dann zu zeigen, daß dabei sich ein Zustand herausbilden müsse, der bei Wiederholungen des Versuches mit statistischer Regelmäßigkeit wiederkehre, der also der für die angegebene Voraussetzung wahrscheinlichste sei. Es ist unmöglich, ja undenkbar. Mit dem Begriff der Wahrscheinlichkeit irgendwelchen Naturgeschehens ist implizite der der Eindeutigkeit der Naturvorgänge gesetzt, wie mit den KEPLERschen Gesetzen implizite das NEWTONsche Gravitationsgesetz gegeben ist. Das letztere ist die unerläßliche Voraussetzung, das logische a priori der KEPLERschen Gesetze. So auch die vollständige eindeutige Bestimmtheit des Naturgeschehens für alle statistische Regelmäßigkeit. Können wir auch keinen einzigen Naturvorgang vollständig eindeutig festlegen, bestimmen, so muß seine eindeutige Bestimmtheit gleichwohl vorausgesetzt werden, wie die eindeutige Bestimmtheit etwa der Zahl π zu fordern ist, obwohl wir sie nie völlig bestimmen können. Die Leugner der Kausalität können sich auch nicht auf die gewiß nicht zu bezweifelnde Denkbarkeit berufen, daß die Welt im allgemeinen chaotisch sei und nur eben gerade jetzt, in der kurzen Spanne der Menschheitsgeschichte den Anblick gesetzmäßiger Ordnung, eines Kosmos gewähre. Denn so lange solche Ordnung besteht, so lange besteht eben auch die ihr zugrundeliegende Gesetzmäßigkeit: in dem Augenblick, in dem die KEPLERschen Gesetze durch Rückfall in das Chaos zu bestehen aufhörten, wäre auch ihre gewissermaßen axiomatische Voraussetzung, das Gravitationsgesetz, gefallen.

Fragt man endlich: cui bono? so erkennt man, daß die physikalische Forschung ihren Weg ohne jede Einbuße an Hilfsmitteln gehen kann, daß alle ihre Formeln, im besonderen auch alle ihre Wahrscheinlichkeitsgesetze vollständig zu Recht bestehen, auch wenn sie die Kausalität *nicht* bezweifelt, daß also die skeptische Haltung gegenüber dem Gesetz der Eindeutigkeit des Naturgeschehens die Physik nicht im geringsten fördert, daß sie mithin überflüssig ist. Ohne selbst den geringsten Nutzen davon zu haben, bereiten die neuen Physiker der positivistischen Erkenntnistheorie, die ihnen doch mit so warmer Anteilnahme auf ihrem schwierigen Wege folgt, nur unnütze, unfruchtbare Schwierigkeiten.

Berlin-Spandau, den 15. Dezember 1928.

JOSEPH PETZOLDT.

Pseudoskopisches Sehen.

Zu dem Aufsatz in Nr. 48 von OSKAR HELMSTÄDT über pseudoskopisches Sehen möchte ich auf Grund langjähriger Erfahrung hinzufügen: Es ist ein vollkommener pseudoskopischer Eindruck von einem gewöhnlichen Stereoskopbild leicht zu gewinnen, ohne das Bild auf den Kopf zu stellen. Ich bewirke die Überlagerung der beiden Bilder durch gewöhnliches Schielen, wobei das rechte Auge das linke Bild und entsprechend betrachtet. Ich halte dabei das Stereoskopbild zuerst etwas ferner. Nach dem Überlagern kann ich das Bild ohne merkliche Anstrengung sehr nahe heranführen, während die divergente Betrachtung bei Bildern mit 9 cm Abstand in größerer Augennähe deutlich peinlich zu werden pflegt. Die Scharfeinstellung ist um so leichter, da das Schielen schon naturgemäß mit Nahadaptation verbunden zu sein pflegt. Der pseudoskopische Effekt ist dann prachtvoll; besonders treten Personen wunderbar aus dem nach vorn geschobenen Hintergrunde heraus. Auch die merkwürdige Verkürzung von Gliedmaßen macht sich auffallend geltend. Da die Bilder sonst völlig in ihrer natürlichen Lage bleiben, einzig unter Vertauschung der Tiefenkoordinaten, so ist der Vergleich mit dem normalen stereoskopischen Bilde voll möglich.

Altona, den 17. Dezember 1928. HEINRICH HEIN.

Besprechungen.

MONOD, TH., **L'industrie des pêches au Cameroun.** Commissariat de la République Française au Cameroun. Paris: Société d'editions 1928. 504 S., 94 Abbild. und 25 Taf. 16 × 25 cm. Preis 90.— Frcs.

Deutschland hatte vor dem Kriege begonnen, auch auf fischereiwissenschaftlichem Gebiet in seinen afrikanischen Kolonien Forschungen aufzunehmen. Untersuchungen über die Fauna, in erster Linie die Fischfauna der betreffenden Gewässer, über die wirtschaftliche Bedeutung der Arten, über die landesüblichen Fischereimethoden, waren in Angriff genommen, und ihr Ziel bestand darin, festzustellen, wie weit die fischereilichen Möglichkeiten in größerem Maßstabe wirtschaftlich ausgenutzt werden könnten. Der Ausbruch des Krieges setzte diesen Bestrebungen ein Ziel, und der Ausgang des Krieges gestattete Deutschland leider nicht, die begonnenen Arbeiten fortzusetzen. Mag es auch für uns Deutsche bitter sein zu sehen, wie unsere in ihren Anfängen unterbrochenen Untersuchungen von anderer Seite aufgenommen und weiter durchgeführt sind, so darf uns das nicht hindern, in unserem Urteil objektiv zu sein und anzuerkennen, wenn eine beachtenswerte Arbeit geleistet ist. Und betrachten wir das vorliegende Werk, das über 500 Seiten umfaßt und zahlreiche Tafeln, Textabbildungen, Karten und graphische Darstellungen enthält, so müssen wir anerkennen, daß hier eine wertvolle Zusammenfassung über die Fischereiverhältnisse Kameruns geschaffen ist.

In den einleitenden Abschnitten beschäftigt sich der Verfasser zunächst mit den bisher auf diesem Gebiet geleisteten Arbeiten, also in erster Linie mit den deutschen, und mit anderen europäischen Fischereiversuchen an der Westküste Afrikas. Dann geht er dazu über, eine Übersicht über die Naturgeschichte Kameruns zu geben, und zwar geographisch, geologisch, klimatisch und faunistisch. Naturgemäß wird hierbei der faunistischen Erörterung der breiteste Raum gegeben, jedoch beschränkt sie sich nur auf die Fischfauna, nachdem zuvor eine kurze Charakterisierung der einzelnen Landschaftstypen und ihrer Vegetation erfolgt ist. Die biogeographische Betrachtung der Meeresfische muß etwas weiter gefaßt werden, da deren Verbreitung nicht an so enge Grenzen gebunden ist, und es wird deshalb das gesamte westafrikanische Meeresgebiet einbezogen. Mögen auch in der Skizzierung der ichthyologischen Provinzen noch manche Unsicherheiten liegen, was in Anbetracht jener ichthyologisch noch nicht so genau durchforschten Meeresgebiete erklärlich ist, so ist hier doch immerhin eine brauchbare Vorarbeit geleistet.

Nach diesen vorbereitenden Abschnitten geht der Verfasser zum Hauptteil seines Werkes über, in dem die

Fischereigebiete, die Fische, die Fischer und die Geräte eingehend behandelt werden. Die Darstellung erfolgt getrennt nach einzelnen Unterabschnitten des Gebietes, und zwar werden unterschieden: Die Kamerunbucht, die offene Seeküste und die festländischen Binnengewässer. Diese werden wiederum eingeteilt in die Gewässer des Küstengebietes (Flußsysteme, die innerhalb Kameruns ins Meer abwässern), des Livindo, des Kongo, des Niger, des Tschadsees und verstreuter Seen. Abgesehen von den Gebieten des Livindo, Kongo und der verstreuten Seen, die nur kurz gestreift werden, sind die Unterabschnitte stofflich gegliedert in die Behandlung des Gebietscharakters, der Fische, der übrigen Wasserfauna, der Fischer, der Fanggeräte und der Verwendung der Fischereiprodukte. Es sind allerdings nicht alle Abschnitte nach Umfang und Inhalt gleichwertig, aber das erklärt sich einerseits daraus, daß nicht alle Gebiete gleichmäßig durchforscht sind, andererseits daraus, daß sie auch fischereilich nicht alle von gleicher Bedeutung sind. So werden die Gebiete, die infolge ihres Wasser- und Fischreichtums eine umfangreichere und bedeutendere Fischerei besitzen, eine stärkere Behandlung erfahren als andere. So ist die Kamerunbucht besonders eingehend behandelt, und es erweckt den Eindruck, als ob hier die Fischerei sehr stark entwickelt, vielleicht auch schon durch fremde Einwirkungen beeinflußt und in ihrem ursprünglichen Charakter verändert ist. Nächst diesem Gebiet ist es das des Tschadsees, das sich fischereilich besonders hervorzuheben scheint.

Diesem sehr eingehend dargestellten Hauptteil folgen noch einige kleinere, deshalb aber nicht unwichtigere Abschnitte. Sie bilden gewissermaßen die Schlußfolgerungen aus den vorangegangenen Einzeldarstellungen und die Grundlagen für einen wohl beabsichtigten Ausbau der Fischerei. Es werden erörtert der Wert der Fische und deren wirklicher Verbrauch in Kamerun, Verarbeitung und Konservierung der Fische sowie die Zukunft der Fischereiwirtschaft. Schließlich werden der in Kamerun geltenden Fischereigesetzgebung noch einige Ausführungen gewidmet. Besonderer Wert wird dem ganzen Werke noch durch ein überaus reichhaltiges, nicht weniger als 19 Seiten umfassendes Schriftenverzeichnis verliehen. Das ganze Buch bietet infolge der eingehenden Behandlung des Stoffes und der Berücksichtigung vieler Begleitumstände nicht nur dem Fischereibiologen und Zoologen reiche Anregung, sondern auch dem Völkerkundler und wirtschaftlich Interessierten.

W. Schnakenbeck, Hamburg.

ULBRICH, E., Biologie der Früchte und Samen (Karpobiologie). Biologische Studienbücher, herausgegeben von Walther Schoenichen, VI. Berlin: Julius Springer 1928. IV, 230 S. und 51 Abb. im Text. 16×24 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13,20.

Mit Freude begrüßen wir das Werk des unermüdlich fleißigen Verfassers, das uns einen lehrreichen Einblick in die gerade in unserem technischen Jahrhundert so anziehenden technischen Leistungen der Pflanzen gewährt, in die Biotechnik, die vielfach sogar den Bestrebungen der Menschheit zum Vorbild bei der Konstruktion bestimmter Apparate dienen kann. Es handelt sich um die Mittel und Wege, die der Pflanze zur Verbreitung ihrer Früchte und Samen und damit zur Ausbreitung der Art dienen. Diese Seite der Biologie der Pflanzen ist bisher, im Gegensatz zu der Blütenbiologie, im allgemeinen vernachlässigt worden, trotz zahlreicher wertvollen Einzeluntersuchungen, von denen besonders die Arbeiten von Delpino, Dingler, Hildebrand und H. von Guttenberg rühmend erwähnt seien. Mindestens fehlte es an einer zusammenfassenden Darstellung, und sie geboten zu haben, ist unleugbar ein Verdienst des Verf., der sich auch schon früher über verschiedene Gegenstände aus der Karpobiologie geäußert hat und mit dieser Seite der Botanik seit Jahren vertraut ist. Im allgemeinen Teil werden die Bedingungen der Bildung von Frucht und Samen, ihre wesentlichen Bestandteile, die Entwicklungsperioden und Faktoren der Verbreitung, die Bedeutung der Verbreitungsmittel für die Pflanzensoziologie und Pflanzengeographie, Pflanzenwanderungen und Wanderstraßen sowie die Rolle des Menschen als Verbreiters von Früchten und Samen besprochen; wir machen noch besonders aufmerksam auf das Kapitel über die Neubesiedelung pflanzenfrei gewordenen Bodens, das manches neue Licht auf die Bildung der Pflanzenformationen wirft und den Wanderer in der freien Natur zu Beobachtungen anregt. Der spezielle Teil gliedert sich in Selbstverbreitung (Autochorie) und Fremdverbreitung (Allochorie); die Pflanze kann nämlich ihre Früchte und Samen entweder selbst ohne Mitwirkung anderer Kräfte verbreiten oder sie bedient sich dazu fremder Hilfe, und das gilt durchaus für die Mehrzahl. Im ersten Falle können wir Fall-, Lege-, Schleuder- und Kriechvorrichtungen unterscheiden, von denen besonders die Spritz- und Schleudervorrichtungen von technischem Interesse sind, wie wir sie z. B. bei der ihre Samen ausspritzenden Spritzgurke, bei dem Springkraut mit seinen bei leisester Berührung explodierenden Kapseln usw. finden; es sind dies zum Teil sehr komplizierte Mechanismen, deren genaue physikalische Deutung nicht leicht ist. Von größter Mannigfaltigkeit sind die Einrichtungen, die der Allochorie dienen; als Vermittler kommen Tiere (Zoochorie), besonders Vögel (z. B. bei Beerenfrüchten), Wasser und Wind (Hydatochorie, Anemochorie) in Betracht. Besonders reizvoll und zu Studien über ihre Wirkungsweise anregend sind die bei vielen Früchten oder Samen vorkommenden Anhänge in Form von Flügeln oder Haarschöpfen, deren sich der Wind bemächtigt, um diese Gebilde oft weithin fortzuführen. Hier finden wir die schönsten Modelle für die heutigen Flugapparate. Der Verf. hat das besonders an Formen der Tropenzone reiche Material des Botanischen Museums Berlin-Dahlem heranziehen können, so daß es ihm gelungen ist, die verschiedenen Typen anschaulich zu schildern. Dem Verständnis dienen die mit größter Sorgfalt von der Meisterhand J. Pohls ausgeführten Zeichnungen, und in solcher Vollständigkeit hat man gewiß noch nie die biologischen Fruchtformen im Bilde zu betrachten Gelegenheit gehabt. Bewährte Figuren früherer Abhandlungen wurden übernommen, aber noch mehr Wert wurde auf zuverlässige Originalzeichnungen gelegt.

Für den biologischen Unterricht wird jedenfalls das Werk von großem Nutzen sein; der Lehrer ist in der Lage, aus dem reichen Material den geeigneten Stoff auszuwählen. Aber auch der selbständige Forscher wird es zur Hand nehmen, um Belehrung und Anregung für Studien über die Verbreitungsweise und die Anpassungen der Früchte und Samen zu schöpfen. Bietet sich doch hier noch der Forschung ein unbegrenztes Feld; es fehlt vor allem für manche Gebilde an Beobachtungen in der freien Natur selbst, besonders in der an seltsamen Frucht- und Samenformen so reichen Tropenflora. Denn was wir aus Analogie oder in der Studierstube über die Wirkungsweise eines bestimmten Frucht- oder Samengebildes erschlossen haben, braucht noch nicht am Standort der Pflanze selbst zu gelten, deren Umwelt wir noch nicht genauer

kennen. Auf manche Zweifel dieser Art weist der Verf. hin. So möge denn das Buch allen denen recht angelegentlich empfohlen sein, die in die geheimnisvolle Welt der Baupläne der Pflanzen und ihrer Anpassungen einzudringen wünschen! H. HARMS, Berlin-Dahlem.

OECHSLIN, M., **Die Wald- und Wirtschaftsverhältnisse im Kanton Uri.** Pflanzengeographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 14. Bern: Hans Huber 1927. 209 S., mit einer mehrfarbigen Wald- u. Wirtschaftskarte im Maßstab 1 : 50000 u. 29 Textfig. 16×24 cm. Preis Frs. 24.—.

Unter der stattlichen Reihe von schweizerischen Gebietsmonographien, die in der geschätzten Sammlung im Laufe der Jahre erschienen sind, nimmt das vorliegende Heft nicht nur durch die gemeinverständliche Form der Darstellung, sondern auch durch das in ihm angeschlagene Thema eine Sonderstellung ein, indem nicht die natürlichen Vegetationsverhältnisse, sondern der Zusammenhang des Vegetationszustandes des Kantons Uri mit der wirtschaftsgeschichtlichen Entwicklung und die Einflüsse der Land- und Forstwirtschaft auf die Pflanzendecke in den Vordergrund der Betrachtung gestellt werden. Sie ist deshalb nicht weniger anziehend; denn abgesehen von der nicht selten vielleicht unterschätzten Bedeutung, die diesen Dingen auch in pflanzengeographischer Hinsicht zukommt, bietet diese Gesamtdarstellung der Wald- und Wirtschaftsverhältnisse eines Hochgebirgslandes, für die Verf. sich ebenso sehr auf eine durch langjährige Wanderungen erworbene intime Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse wie auf geschichtliche und archivalische Studien stützt, einen Einblick in vieles, was dem Außenstehenden nicht leicht zugänglich ist. Der Inhalt der Darstellung gliedert sich in der Weise, daß zunächst eine Übersicht über die geographischen, geologischen und klimatischen Verhältnisse des Gebietes gegeben wird, woran sich in zwei Hauptteilen die Behandlung des Waldes einerseits, der Weiden und Wiesen andererseits anschließt. Von Einzelheiten sei insbesondere die eingehende Darstellung erwähnt, die Verf. dem Rückgang des Waldes zuteil werden läßt; aus urkundlichen Belegen, die bis in das 14. Jahrhundert zurückgehen, ergibt sich, daß der Wald zu Urseren schon im 16. Jahrhundert bis auf den Bannwald ob Andermatt und einige kleinere Horste zur Gewinnung von Alpweide von den Talbewohnern zurückgedrängt worden war und daß auch die anderen Talschaften des Kantons in früheren Jahrhunderten erheblich mehr Wald besaßen; neben direkten menschlichen Eingriffen spielt dabei auch der Umstand eine Rolle, daß die Zurückdrängung des Waldes den zerstörenden Einflüssen von Lawinen, Erdrutschen und Steinschlägen vielerorts erst freie Bahn geschaffen hat. Und der Reduktion der Waldfläche entspricht auch eine Herabdrückung der Wald- und Baumgrenze tief unter die klimatisch möglichen. Unter den Waldbäumen ist die Fichte der wichtigste; auch die Lärche bildet stellenweise bis zur Baumgrenze gehende natürliche und reine Bestände, während die Arve bis auf wenige Reste zurückgedrängt worden ist und die gemeine Föhre sich in ihrer Verbreitung als typischer Föhnbaum darstellt; von Laubbäumen hat sich die Buche vor allem im Unterland besser erhalten können und herrscht besonders im Urner Seegebiet und den anschließenden Tälern, wogegen die im Reußtal zahlreich auftretende Edelkastanie ihr Vorhandensein ursprünglich der Einführung durch den Menschen in einer Zeit verdankt, als die Urner mit den Tessinern in engem Verkehr standen. In einem weiteren Abschnitt behandelt Verf. forstgesetzliche Besonderheiten und Überreste alter, für den Wald nachteiliger Sitten, wie Ziegenweide, Laub- und Streuesammeln, Schneiteln und Lauben u. a. m.; allerdings ist es gelungen, in neuerer Zeit nicht nur die Waldfläche durch Aufforstungen zu vergrößern, sondern auch eine geregelte Holznutzung anzubahnen und die auf jahrhundertalten Gesetzen und Verordnungen beruhenden und dadurch oft noch fast mittelalterlich anmutenden Wirtschaftsverhältnisse zu verbessern, immerhin aber bestehen noch manche Untugenden der Älpler und Bauern, deren Bekämpfung den Forstmann vor schwierige Aufgaben stellt. Sehr stark spielen diese alten Rechte und Gewohnheiten noch in die Bewirtschaftung der Alpen herein, auf die 48,5% des produktiven Bodens entfallen; mit wenigen Ausnahmen sind die Allmendalpen durch Überbesetzung, Verunkrautung, mangelnde Düngung usw. schlecht bewirtschaftet, doch gibt Verf. der Hoffnung Ausdruck, daß die Forderung nach Zusammenarbeit zur Erhaltung und Förderung der Allmendgüter immer mehr Boden fassen und dadurch sich ein Aufstieg aus dem heutigen Tiefstand ergeben wird. Auch der Äcker und Gärten sowie des Obstbaues wird in diesem Zusammenhang gedacht; in einem Anhang endlich berichtet Verf. noch über einige mit der Vegetation zusammenhängende Sagen und Gebräuche.

W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

FRANZ, V., **Paludinenstudien zur Frage der rezenten Paludina diluviana.** (Bibliotheca genetica, Band XI.) Berlin: Gebr. Borntraeger 1928. 144 S. und 25 Abbild. 18×25 cm. Preis RM 20.—.

Die von NEUMAYR 1887 angeregte Frage über die Herkunft der von KUNTH 1865 aus dem „Diluvium von Tempelhof bei Berlin" beschriebenen *Paludina* (recte *Viviparus*) *diluviana* hat bisher die Geologen beschäftigt. Nun greift sie der Zoologe auf und erörtert die Beziehungen der fossilen Schnecke zu den rezenten *Paludinen* Mittel- und Südosteuropas. Im Verlauf der Arbeit erweitert sich diese zu einer kritischen Untersuchung über die seither aufgestellten *Paludinen* dieses Gebietes, und von Anfang an verbindet der Verfasser damit die Beantwortung der Frage, ob, wie es bisher allgemein angenommen wurde, die Dickschaligkeit der *Paludinen* im allgemeinen und der *diluviana* im besonderen als Reaktion gegen die Bewegung des Wassers aufzufassen sei.

In der Natur der Sache liegt es, daß der Verfasser in erster Linie sich auf die *Schalen* stützt, doch verleugnet sich der Zoologe da nicht, wo es ihm möglich war, auch die anatomische Untersuchung vorzunehmen. Daneben werden phyletische Zusammenhänge, geschichtliche und heutige Verbreitung, Klima, Phänogenetik und Ökologie mit einbezogen, die ganze Frage also unter allseitige Beleuchtung gestellt. Ebenso sorgfältig ausgewählt und durchgeführt ist die *Methode*, nach der die Schalen geprüft werden. Die Tabellen über die Ergebnisse der Messungen und Wägungen nehmen einen breiten Raum ein; dabei ist sich aber der Verfasser wohl bewußt, daß der „einfache Blick für feine Formunterschiede" das mechanische Verfahren ergänzen muß. Er darf sich rühmen, Untersuchungen durchgeführt zu haben, „wie sie bei *Paludinen* noch nicht entfernt vorliegen".

Überraschend für die modernen Systematiker ist die Feststellung, daß die anatomischen Unterschiede zwischen den mit *diluviana* konkurrierenden mitteleuropäischen Arten (*vivipara*, *fasciata*, *pyramidalis* und *atra*) nur „geringfügig" seien; wir sind also genötigt, den *Schalen* die ihnen bisher zuerkannte systematische

Bedeutung zu belassen. Für die Zusammenarbeit mit der Geologie, die auf dem Gebiet der Mollusken besonders nahe liegt, bildet die Würdigung der Schale die Voraussetzung. Hervorzuheben ist darum in diesem Zusammenhang, daß der Verfasser für die Unterscheidung der Arten „die größere Dignität" der Anatomie gegenüber der Schale bestreitet und darauf hinweist, daß allein die Schalencharaktere an größerem Material überschaut werden können.

Nach Ausscheidung einiger an *vivipara* und *fasciata* angeschlossenen Formen findet der Verfasser, daß diese ***deutschen Arten zu diluviana in keiner Beziehung*** stehen, der Anschluß vielmehr an *pyramidalis* und besonders an *atra* zu suchen sei, die mit *diluviana* durch eine dicke Schale ausgezeichnet ist. Im Gardasee hat er beide kennengelernt. Da der pyramidalis-(atra-)Kreis sich weit über den Osten erstreckt, „kommt auch der berechtigte Kern der Ausführungen NEUMAYRS heraus", der die rezenten Nachkommen der *diluviana* im Mündungsgebiet der Donau gesucht hat, und mit der Einfügung in diesen Kreis wird *diluviana* der osteuropäischen Molluskengruppe zugezählt, die während der Diluvialzeit nach Deutschland sich erstreckt hat.

Mit besonderem Nachdruck bestreitet der Verfasser aus seinen Beobachtungen heraus die Auffassung, daß die *Dickschaligkeit* der *Paludinen* (und, wie es scheint, der *Prosobranchier* überhaupt) als Reaktion gegen die *Bewegung des Wassers* sich einstelle. Er glaubt vielmehr bei atra die Ursache in der erhöhten *Temperatur* an ihrem Standort zu finden. Die Sicherheit in der Beweisführung, die sonst die Studie auszeichnet, vermissen wir hier, und in der Tat, obwohl die Meinung nicht ohne weiteres abzulehnen ist, müßten die Nachforschungen noch weiter ausgedehnt werden, als es dem Verfasser möglich war.

Die systematische Übersicht gestaltet sich, soweit die Verbreitung in Mitteleuropa in Betracht kommt, folgendermaßen:

a) *vivipara*-Kreis mit 1. *Viv. vivipara Müll.* = *contecta Millet*; 2. *Viv. menzelii Franz* = *duboisiana Menzel nec Mousson*, fossil von Phöben und Grunewald.

b) *fasciata*-Kreis mit *Viv. fasciata Müll.*; *diluvianiformis Hilbert* ist Schlankheitsextrem, *penthica Servain* eine örtlich bedingte Kümmerform.

c) *pyramidalis*-Kreis mit 1. *Viv. pyramidalis Crist. et Jan*; 2. *Viv. atra Crist. et Jan.*; 3. *Viv. diluviana Kunth*.

Die Unterscheidung der anerkannten Arten erfordert mitunter eine Feinfühligkeit und Übung, daß es fraglich ist, ob sie in der Praxis immer gelingt. Es wird uns aber hier ein Weg gezeigt, der zur richtigen Auffassung führen kann; in dieser Hinsicht ist die Arbeit mustergültig.

D. GEYER, Stuttgart.

AMANN, J., **Bryogéographie de la Suisse.** Matériaux pour la Flore cryptogamique Suisse. Publiés sur l'initiative de la Société Botanique Suisse. Vol. VI, Fasc. 2. Zürich: Fretz Frères S. A. 1928. X. 437 S., mit 1 farbigen Vegetationskarte, 32 Tafeln und 13 Fig. und Verbreitungsskizzen. 16×24 cm.

Nachdem im Jahre 1926 eine allgemeine „Geographie der Moose" von TH. HERZOG erschien, ist das vorliegende Werk des bekannten schweizerischen Bryologen der erste Versuch, die Bryophyten eines bestimmten Gebietes ihrer Lebensweise, Soziologie, Verbreitung usw. nach ausführlich zu behandeln. Da der Verf. die Erfahrungen eines halben Jahrhunderts zu verwerten hatte und die Schweiz, trotz Schottland und Norwegen, doch wohl das an Moosen reichste Land Europas ist, so kann der Umfang des Werkes nicht wunder nehmen, um so weniger, als auch eine sehr reiche Literatur zu berücksichtigen war. Auf eine allgemeine Einleitung folgt die ökologische Bryogeographie des Landes, bei der alle auf die Moose einwirkenden Faktoren und die von ihnen abhängigen Morphosen der Reihe nach (Wärme, Licht, terrestrische und atmosphärische Feuchtigkeit, Trockenheit, Wind usw.) abgehandelt werden. Auf diese klimatischen Faktoren folgen die edaphischen; hier werden die verschiedenen Substrate, ihre physikalisch-chemische Beschaffenheit und ihre Wirkung erörtert. Der Berücksichtigung biologischer Elemente (Symbiose, Lebensdauer, Verbreitungsmittel, Phänologie) folgt ein Abschnitt über die vertikale Verteilung der Arten. Die zweite Abteilung des Werkes befaßt sich mit der Synökologie der Moose, mit ihren verschiedenen Lebensgemeinschaften, vom Walde über Steppen und Sand bis zu den aquatischen Gesellschaften. Besonders dieser Teil enthält begreiflicherweise viele Listen. Die letzte Abteilung behandelt die floristische und genetische Bryogeographie, die, ebenfalls unter Zuhilfenahme von Tabellen, die Moose der Schweiz, gruppenweise nach geographischen Elementen geordnet, in ihren Beziehungen zu der Verteilung der Moose in Europa und in der übrigen Welt untersucht. Das Werk ist so inhaltreich, mit reichem Material so erfüllt, daß Ref. sich mit dieser Skizzierung des Inhalts begnügen mußte. Zu erwähnen sind die Verbreitungsskizzen für eine ziemlich erhebliche Anzahl von Arten und die nach Photographien autotypierten Laubmoose. Diese, ca. 80 an der Zahl, sind schmucklos, ohne jede „Pose" wiedergegeben, und obwohl manche dieser Formen der guten Wiedergabe sichtlich „passiven Widerstand" leisteten, so muß dieser Bildanhang im ganzen doch als sehr willkommen bezeichnet werden.

Diese Bryogeographie ist weniger ein Lehrbuch, als ein inhaltreiches Nachschlagewerk, dessen Wert sich seinen Benutzern herausstellen wird. Der Verf. selbst zitiert in der Vorrede bescheiden einen Ausspruch D'ALEMBERTS: „Ein Werk ist gut, wenn es mehr gute Dinge als schlechte enthält." Und da das Buch sehr viel des Guten enthält, so ist es, unbeschadet hier und da zu machender kritischer Einwände, als eine wichtige Bereicherung der bryologischen Literatur zu bezeichnen.

L. LOESKE, Berlin-Wilmersdorf.

GUTTENBERG, HERMANN v., **Die Bewegungsgewebe.** (Handbuch der Pflanzenanatomie, Lief. 18.) V, 289 S. und 171 Textfig. Berlin: Gebr. Borntraeger 1926.

Eine zusammenfassende Darstellung der Bewegungseinrichtungen der Pflanze, wie sie hier zum erstenmal in größerer Vollständigkeit gegeben wird, mußte naturgemäß, weit über die Behandlung der Einzelerscheinungen hinaus, neue und interessante Gesichtspunkte bieten, zumal die Spezialkenntnisse im Laufe der letzten Jahre nach dieser Richtung hin mannigfach erweitert worden sind. Aus der Mannigfaltigkeit der im pflanzlichen Organismus angewandten Bewegungsmechanismen krystallisieren sich die verbindenden Züge, die gemeinsamen mechanischen Prinzipien, bei einem Überblick über das gesamte Material nunmehr wesentlich klarer heraus als bisher, und diese Linie in vergleichender Betrachtung verfolgt zu haben, war das besondere Bestreben des Verf. In der stofflichen Gruppierung wählt Verf. die gleiche Anordnung, wie sie HABERLANDT in seiner „Physiologischen Pflanzenanatomie" gegeben hat. Aktive und passive Bewegungseinrichtungen bilden die beiden großen Hauptteile.

Die aktiven Bewegungsgewebe sind gegliedert in die Gruppen: Tote Bewegungsgewebe (Hygroskopische und Kohäsionsmechanismen) und lebende Bewegungs-

gewebe (Turgor- und Wachstumsmechanismen). Unter den passiven Bewegungsgeweben werden Flug- und Schwebeeinrichtungen, Schwimmeinrichtungen und Haft- und Klettereinrichtungen behandelt. Verf. selber hat in einer ganzen Reihe von Arbeiten verschiedene Problemkreise der Bewegungseinrichtungen behandelt, so gründet sich vor allem die Darstellung der Explosionsmechanismen auf eigene Forschungen, wie überhaupt die Durchdringung des umfangreichen Stoffes mit einer Fülle selbständiger Beobachtungen immer wieder zutage tritt. Ganz neu sind eine Menge von interessanten Einzelheiten, die an Hand von zahlreichen Abbildungen über die pflanzlichen Flugeinrichtungen entwickelt werden, denen Verf. ein umfangreiches Studium gewidmet hat. F. OVERBECK, Frankfurt a. M.

NIGGLI, PAUL, **Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1927. XVI, 300 S. und 228 Abb. 17×26 cm. Preis RM 9.30.

Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die in seinen Lehrbüchern ausführlich behandelten kristallographischen und mineralogisch-petrographischen Wissensgebiete kompendiös in Form von Tabellen und Figurenreihen zusammenzufassen. Er gibt zunächst eine gedrängte Übersicht der wichtigsten Tatsachen der Kristallographie; die Begriffe werden dabei als bekannt vorausgesetzt. Dann folgen Bestimmungs- und Charakterisierungstabellen der Minerale auf Grund makroskopischer Merkmale — Symmetrie, Glanz, Spaltbarkeit usw. — illustriert durch einen systematischen Kristallatlas. Neben weiteren Tabellen über die Verwendungsart und das Vorkommen der nutzbaren Mineralien enthält das Buch schließlich noch Tabellen zur optisch-mikroskopischen Mineralbestimmung. Die Tabellen empfehlen sich für den Studierenden als Hilfsmittel beim Praktikum und geben auch dem allgemein Interessierten einen geordneten Überblick des mineralogischen Erfahrungsschatzes.

KARL WEISSENBERG, Berlin-Dahlem.

Astronomische Mitteilungen.

Recent Spectrographic Observations of the Companion of Sirius (J. H. MOORE, Publ. of the Astronomical Society of the Pacific **40**, 229 [1928]). Sirius ist bekanntlich ein Doppelstern, dessen Hauptstern der Spektralklasse A0 angehört. Der Begleiter, der 10 Größenklassen schwächer ist, besitzt ungefähr das gleiche Spektrum. Demnach muß seine Oberfläche ungefähr 10000mal kleiner sein als die des Hauptsternes. Die Massen sind bekannt, und so errechnet sich für den Begleiter die 50000fache Dichte des Wassers. Hieraus ergibt sich ein sehr großes Gravitationspotential an der Sternoberfläche, und nach der Relativitätstheorie eine Linienverschiebung von etwa 0.3 Å oder 20 km/sec. ADAMS hatte mit dem Reflektor des Mt. Wilson Observatory 1925 einige Spektrogramme des Begleiters aufgenommen und daraus einen Gravitationseffekt von 19 km/sec gefunden. Die Aufnahmen waren dürftig, da sie sehr stark vom zerstreuten Lichte des Hauptsternes überlagert waren, so daß man bezüglich des Meßresultates noch skeptisch sein konnte.

MOORE hat nun entsprechende Messungen mit dem Lick-Refraktor ausgeführt. Refraktoren bieten trotz der chromatischen Aberration gewisse Vorteile gegenüber dem Reflektor, da infolge der besseren Beschaffenheit der brechenden Flächen gegenüber den Spiegelflächen die Lichtzerstreuung etwas geringer ist. Vier Spektrogramme vom Anfang vorigen Jahres liefern die folgenden Resultate, die in allen wesentlichen Punkten mit den Resultaten von ADAMS übereinstimmen.

Das Spektrum ist etwas fortgeschrittener als das des Hauptsternes, nämlich A5 (vielleicht A3), ADAMS hatte F0 angegeben. Die Wasserstofflinien sind breiter, die Funkenlinien von Fe, Ti, Sr sowie Mg^+ λ 4481 sind schwächer als beim Hauptstern. Die Spektrogramme wurden im Spektrokomparator ausgemessen und ergaben folgende Geschwindigkeiten.

Datum	Relat. Geschw. Begl.-Hauptst.	Zahl der Linien	Sternlicht / Streulicht
1928 Feb. 13	+ 22	7	3.7
20	(+ 10)	4	1.2
27	+ 29	6	10.0
März 20	+ 21	9	2.8
Mittel:	+ 24		

Das vom Hauptstern stammende Licht stört noch stark. Trotzdem wurde auf eine empirische Korrektion, wie sie ADAMS angebracht hatte, verzichtet. Die 24 km/sec Unterschied in der Radialgeschwindigkeit beider Komponenten sind um 4 km wegen Bahnbewegung zu vermindern, so daß 20 km auf den Unterschied des Gravitationseffektes kommen. Wenn man berücksichtigt, daß der Gravitationseffekt des Hauptsternes etwa 1 km betragen wird, so erhält man für den Begleiter 21 km/sec. Dieses Ergebnis steht vollständig mit den früheren Messungen von ADAMS sowie mit dem aus der Strahlung abgeleiteten Wert in Einklang.

Preliminary Results of Spectrographic Observations for the Rotation of Neptune. (J. H. MOORE and D. H. MENZEL, Publ. of the Astronomical Society of the Pacific **40**, 234 [1928].) Bei den äußersten Planeten Uranus und Neptun ist die direkte Beobachtung der Rotationsdauer wegen der Kleinheit ihrer Scheiben und wegen undeutlicher Einzelheiten der Oberfläche nicht möglich. Bei Uranus gelang es SLIPHER vor etwa einem Jahrzehnt spektroskopisch mittels des Dopplereffektes die Rotation zu bestimmen. Die Rotationsebene und der Drehungssinn von Planet und Satelliten fallen hier, wie fast immer im Sonnensystem ungefähr zusammen und sind um 90° gegen die Planetenbahn geneigt.

Bei Neptun, von dem nur ein Satellit bekannt ist, ist dessen Bahnebene um 143° gegen die Planetenbahn geneigt, der Satellit also rückläufig. Aus einer Störung in der Bewegung des Satelliten schlossen EICHELBERGER und NEWTON auf eine Neigung des Planetenäquators gegen die Satellitenbahnebene von etwa 20° und auf eine Abplattung von etwa 1/66, woraus sich eine Rotationsdauer von $19^h \pm 3^h$ ergäbe.

Es galt diese Rechnung durch spektroskopische Beobachtungen zu prüfen. Obige Autoren nahmen eine Reihe von Spektrogrammen auf, wobei sie den Spalt über verschiedene Durchmesser des Planeten stellten. Es ergab sich für die dem berechneten Äquator parallelen Stellungen eine merkliche Neigung der Spektrallinien aus der sich die Rotation einwandfrei nachweisen ließ. Die Rotationsdauer ergab sich zu $15.8^h \pm 1.0^h$, stimmte also innerhalb der Fehlergrenzen mit der berechneten überein. Nur eines ist merkwürdig. Die Bewegung ist rechtläufig, nicht rückläufig, wie die Satellitenbewegung. Planetendrehung und Satellitenumlauf sind also entgegengesetzt! K. F. BOTTLINGER.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.